



TUGAS AKHIR - RF141501

KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN MENGUNAKAN METODE AVO INVERSI STUDI KASUS LAPANGAN “NGAWEN”

PUTRI RIDA LESTARI
NRP. 3713100005

Dosen Pembimbing:

Dr. DWA DESA WARNANA
NIP. 1976 0123 200003 1001

FARID MARIANTO, S.Si
Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - RF141501

**KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN
MENGUNAKAN METODE AVO INVERSI
STUDI KASUS LAPANGAN “NGAWEN”**

PUTRI RIDA LESTARI
NRP. 3713100005

Dosen Pembimbing:

Dr. DWA DESA WARNANA
NIP. 1976 0123 200003 1001

FARID MARIANTO, S.Si
Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**CARBONATE RESERVOIR CHARACTERIZATION
USING AVO INVERSION METHOD
CASE STUDY “NGAWEN” FIELD**

PUTRI RIDA LESTARI
NRP. 3713100005

Supervisor's :

Dr. DWA DESA WARNANA
NIP. 1976 0123 200003 1001

FARID MARIANTO, S.Si
Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd.

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN MENGUNAKAN METODE AVO INVERSI STUDI KASUS LAPANGAN “NGAWEN”

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Departemen Teknik Geofisika
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 5 Juli 2017

Dosen Pembimbing 1,

Dr. Dwa Desa Warnana
NIP. 19760123 200003 1001



Dosen Pembimbing 2,

Farid Marianto, S.Si
Pgt. Saka Indonesia Pangkah Ltd.

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Dr. Ir. Amlen Widodo, MS
NIP. 195910101988031001

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE AVO INVERSI STUDI KASUS LAPANGAN ‘NGAWEN’” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 5 Juli 2017



Putri Rida Lestari
Nrp. 3713100005

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE AVO INVERSI STUDI KASUS LAPANGAN “NGAWEN”

Nama Mahasiswa : Putri Rida Lestari
NRP : 3713100005
Jurusan : Teknik Geofisika ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Dwa Desa Warnana
Farid Marianto, S.Si

ABSTRAK

Kebutuhan minyak dan gas bumi semakin meningkat, sehingga diperlukan adanya peningkatan eksplorasi hidrokarbon. Eksplorasi hidrokarbon bertujuan untuk mengetahui persebaran hidrokarbon pada reservoir. Karakteristik dari batuan reservoir sangat penting diketahui untuk mendapatkan reservoir yang bagus. Salah satu metode untuk mengetahui karakteristik batuan reservoir yaitu AVO (*Amplitude Versus Offset*) Inversi. Metode AVO juga bisa digunakan untuk mengetahui persebaran litologi. Dalam penelitian ini digunakan metode AVO Inversi, untuk mengetahui karakteristik reservoir pada batuan karbonat, persebaran litologi, dan persebaran hidrokarbon dengan studi kasus di lapangan Ngawen. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data seismik berupa *Pre-stack gather 3D* di area *North East Java Basin*, dan dua data sumur (sumur Ngawen 1 dan sumur Ngawen 2). Penelitian ini difokuskan pada formasi Ngimbang Karbonat. Hasil analisis crossplot menunjukkan bahwa parameter log gamma ray, *P-impedance*, *S-Impedance*, dan Lambda Mu-Rho (LMR) dapat mengidentifikasi litologi (*porous carbonate*, *tight carbonate*, dan *shale*) dan fluida (*oil*, *gas*, dan *water*) dengan baik. Penampang hasil AVO menunjukkan nilai intercept dan gradien, mampu mengidentifikasi adanya zona gas karbonat yang masuk dalam kelas 1 AVO. *P-Impedance* dan Lambda Mu-Rho (LMR) hasil AVO Inversi menunjukkan adanya zona reservoir dan fluida hidrokarbon pada *porous carbonate* dengan baik. Zona reservoir karbonat ditunjukkan dengan nilai *P-Impedance* dan nilai Lambda Mu-Rho (LMR) yang relatif tinggi. Zona fluida hidrokarbon memiliki nilai *P-Impedance* dan nilai LMR yang rendah.

Kata Kunci: AVO Inversi, Reservoir Karbonat, *P-Impedance*, Lambda Mu-Rho, Formasi Ngimbang Karbonat.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

CARBONATE RESERVOIR CHARACTERIZATION USING AVO INVERSION METHOD CASE STUDY “NGAWEN” FIELD

Name of Student : Putri Rida Lestari
Student ID Number : 3713100005
Department : Geophysical Engineering - ITS
Supervisor's : Dr. Dwa Desa Warnana
Farid Marianto, S.Si

ABSTRACT

The need for Oil and gas is increasing, so there is a need for increased hydrocarbon exploration. Exploration of hydrocarbons to determine the spread of hydrocarbons in the reservoir. Characteristics of reservoir rocks are essential for a good reservoir. One method to know the characteristics of reservoir rock is AVO (Amplitude Versus Offset) Inversion. AVO Inversion method can also be used to determine the spread of lithology. In this study used AVO Inversion method, to find out the reservoir characteristics in Carbonate rock, to know the spread of lithology, and spread of hydrocarbons with case studies in Ngawen field. The data used in this research is seismic data Pre-stack gather 3D areas in the North East Java Basin region, and two well data (Ngawen 1 well and Ngawen 2 well). This research is focused on Ngimbang Carbonate formation. The results of crossplot analysis show that gamma ray, P-impedance, S-Impedance, and Lambda Mu-Rho (LMR) log parameters can lead to lithology (porous carbonate, tight carbonate, and shale) and fluids (oil, gas, and water). The results of AVO show intercept and gradient value, capable of determine gas Carbonate zone entering the 1 AVO class. P-Impedance and Lambda Mu-Rho (LMR) result of AVO Inversion show reservoir zone and hydrocarbon fluid in the porous carbonate well. The Carbonate reservoir zone has relatively high P-Impedance and Lambda Mu-Rho (LMR) values. The hydrocarbon fluid zone has low P-Impedance and LMR values.

Keyword: AVO Inversion, Reservoir Carbonate, P-Impedance, Lambda Mu-Rho (LMR), Ngimbang Carbonate Formation.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “KARAKTERISASI RESERVOIR KARBONAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE AVO INVERSI STUDI KASUS LAPANGAN ‘NGAWEN’” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik, tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, dan semua keluarga, berkat dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani Tugas Akhir ini.
2. Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua Departemen Teknik Geofisika ITS.
3. Dr. Dwa Desa Warnana, selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Hotma Yusuf, selaku manager departemen eksplorasi di Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd., yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan tugas akhir di perusahaan.
5. Farid Dasa Marianto, S.Si, selaku pembimbing di Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd, yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penulis melakukan tugas akhir di perusahaan.
6. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
7. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013 atas semangat dan dukungannya.
8. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 5 Juli 2017

Putri Rida Lestari

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Tugas Akhir	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir	2
1.6 Sistematika Laporan.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Geologi Regional Cekungan Jawa Timur Utara.....	3
2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian	5
2.2.1 Formasi Kawengan	6
2.2.2 Formasi Wonocolo	6
2.2.3 Formasi Ngrayong.....	6
2.2.4 Formasi Tuban	6
2.2.5 Formasi Kujung	7
2.2.6 Formasi Ngimbang.....	7
2.3 Konsep Dasar Seismik Refleksi	8
2.4 Prinsip Dasar AVO	9
2.5 Klasifikasi dan Anomali AVO	11
2.5.1 Intercept	11
2.5.2 Gradient.....	11
2.5.3 Klasifikasi Rutherford dan Williams (1989).....	12
2.5.4 Klasifikasi Castagna dan Swan (1997).....	13
2.6 Inkompresibilitas (λ) dan Rigiditas (μ)	14
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1. Diagram Alir Penelitian	17
3.2. Data Sumur	18
3.3. Log Editing	18
3.4. Crossplot/Uji Sensitivitas	20
3.5 Checkshot Correction	20
3.6 Data Seismik	21
3.7 Pre-Conditioning Data Seismik.....	21

3.7.1 Bandpas Filter.....	22
3.7.2 Super Gather.....	24
3.7.3 Koreksi NMO	25
3.7.4 Radon Filter	26
3.8 Angle Gather.....	27
3.9 Well Tie Seismik	28
3.10 AVO Analisis	32
3.11 AVO Inversi	32
3.11.1 Model Inversi.....	32
3.11.2 Analisis Inversi	35
3.11.3 Inversi	36
3.11.4 LMR	38
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Analisis Uji Sensitifitas/Crossplot	39
4.1.1 Crossplot Gamma Ray dan Impedance.....	39
4.1.2 Crossplot S-Impedance dan P-Impedance	43
4.1.3 Crossplot Lambda Mu-Rho dan P-Impedance.....	45
4.2 AVO Analisis	47
4.3 AVO Inversi	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
BIODATA PENULIS	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Daerah Penelitian. (Diky Setiawan dkk, 2015)	3
Gambar 2. 2 Pembentukan struktur Cekungan Jawa Timur Utara. (Diky Setiawan dkk, 2015)	4
Gambar 2. 3 Stratigrafi North East Java Basin. (Diky Setiawan dkk, 2015)	5
Gambar 2. 4 Hubungan antara offset dengan sudut datang dan sinyal datang yang terekam dalam titik reflektor yang sama. (Frank, Chiburis, & McHugo, 1993)	10
Gambar 2. 5 Refleksi dan Transmisi energi gelombang Seismik. untuk sudut datang lebih dari nol pada bidang batas. (Yilmaz, 2001)	10
Gambar 2. 6 Intercept (A) dan Gradien (B). (Frank, Chiburis, & McHugo, 1993)	12
Gambar 2. 7 Klasifikasi AVO. (Rutherford & Williams, 1989)	12
Gambar 2. 8 Klasifikasi AVO dengan tambahan klasifikasi Castagna dan Swan. (Casstagna & Swan, 1997)	14
Gambar 2. 9 Ilustrasi dan Contoh Rigiditas dan Inkompresibilitas. (Gray & Andersen, 2001)	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 3. 2 Crossplot Density & Velocity Pada Sumur Ngawen 1	19
Gambar 3. 3 Crossplot Density & Velocity Pada Sumur Ngawen 2	19
Gambar 3. 4 CHK (A) Ngawen 1 (B) Ngawen 2	20
Gambar 3. 5 Basemap dari data seismik	21
Gambar 3. 6 Analisa Spectrum amplitude	22
Gambar 3. 7 Sebelum dan Sesudah Proses Filter Bandpass	23
Gambar 3. 8 Sebelum dan Sesudah Proses <i>Super Gather</i>	24
Gambar 3. 9 Sebelum dan Sesudah Proses Koreksi NMO	25
Gambar 3. 10 Sebelum dan Sesudah Proses <i>Radon Filter</i>	26
Gambar 3. 11 Sebelum dan Sesudah Proses Angle Gather	27
Gambar 3. 12 Wavelet yang digunakan dalam proses Well Tie Seismik	28
Gambar 3. 13 Angle Gather Sumur Ngawen 1	29
Gambar 3. 14 Angle Gather Sumur Ngawen 2	29
Gambar 3. 15 Proses Well Tie Pada Sumur Ngawen 1	30
Gambar 3. 16 Proses Well Tie Pada Sumur Ngawen 2	31
Gambar 3. 17 Model Inversi Penampang Zp Sumur Ngawen 1	32
Gambar 3. 18 Model Inversi Penampang Zp Sumur Ngawen 2	33
Gambar 3. 19 Model Inversi Penampang Zs Sumur Ngawen 1	33
Gambar 3. 20 Model Inversi Penampang Zs Sumur Ngawen 2	34
Gambar 3. 21 Model Inversi Penampang Zd Sumur Ngawen 1	34
Gambar 3. 22 Model Inversi Penampang Zd Sumur Ngawen 2	35
Gambar 3. 23 Analisis Inversi Sumur Ngawen 1	35
Gambar 3. 24 Analisis Inversi Sumur Ngawen 2	36

Gambar 3. 25 Hasil Inversi Penampang Z_p	36
Gambar 3. 26 Hasil Inversi Penampang Z_s	37
Gambar 3. 27 Hasil Inversi Penampang Z_d	37
Gambar 3. 28 Penampang LMR.....	38
Gambar 4. 1 Cross Plot Gamma Ray & P -Impedance Sumur Ngawen 1.....	39
Gambar 4. 2 Crossplot Gamma Ray & S -Impedance Sumur Ngawen 1.	40
Gambar 4. 3 Cross Plot Gamma Ray & P -Impedance Sumur Ngawen 2.....	41
Gambar 4. 4 Crossplot Gamma Ray & S -Impedance Sumur Ngawen 2.	42
Gambar 4. 5 Crossplot S -Impedance & P -Impedance Sumur Ngawen 1.	43
Gambar 4. 6 Crossplot S -Impedance & P -Impedance Sumur Ngawen 2.	44
Gambar 4. 7 Crossplot Lambda Mu-Rho & P -Impedance Sumur Ngawen 1. .	45
Gambar 4. 8 Crossplot Lambda Mu-Rho & P -Impedance Sumur Ngawen 2. .	46
Gambar 4. 9 AVO Analisis dari Data Seismik Angle Gather Sumur Ngawen 1.	47
Gambar 4. 10 AVO Analisis dari Data Sumur Ngawen 1.	47
Gambar 4. 11 AVO Analisis dari Data Seismik Angle Gather Sumur Ngawen 2	48
Gambar 4. 12 AVO Analisis dari Data Sumur Ngawen 2.	48
Gambar 4. 13 Penampang P^*G	50
Gambar 4. 14 Hasil Inversi Penampang Z_p yang Sudah diinterpretasi.	51
Gambar 4. 15 Penampang Lambda Mu-Rho (LMR).	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Informasi Data Sumur.....	18
--------------------------------------	----

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gas bumi merupakan salah satu sumber daya alam ekonomis untuk Indonesia. Kebutuhan minyak dan gas bumi semakin meningkat, sehingga diperlukan adanya peningkatan eksplorasi hidrokarbon. Eksplorasi hidrokarbon bertujuan untuk mengetahui persebaran hidrokarbon pada reservoir. Karakteristik dari batuan reservoir sangat penting diketahui untuk mendapatkan reservoir yang bagus. Salah satu metode untuk mengetahui karakteristik batuan reservoir yaitu AVO Inversi. Metode AVO juga bisa digunakan untuk mengetahui persebaran lithologi. AVO pertama kali ditujukan sebagai suatu teknik untuk menganalisa respon amplitudo pada seismik yang berasosiasi dengan kehadiran gas pada reservoir (Ostrader, 1984).

Metode AVO inversi merupakan proses inversi data seismik *angle gather* dengan melibatkan pengaruh wavelet untuk menghasilkan secara langsung parameter fisik batuan *P-Impedance* (Z_p), *S-Impedance* (Z_s) dan *Density* untuk kemudian ditransformasi menjadi parameter *Lambda-Mu-Rho*. (Hampson & Russel, 2008). $\lambda\rho$ yang juga dikenal sebagai *incompressibility* digunakan sebagai indikator porositas fluida, mengandung hidrokarbon dan $\mu\rho$ yang dikenal sebagai rigiditas yang dapat digunakan untuk indikator batuan dimana parameter ini sensitif terhadap karakter matrik batuan (Gray & Andersen, 2001). Oleh sebab itu, dalam pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan metode AVO (*Amplitude Versus Offset*) Inversi yang diterapkan pada reservoir karbonat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik reservoir pada batuan karbonat?
2. Bagaimana menentukan persebaran reservoir karbonat pada lapangan Ngawen?
3. Bagaimana menentukan persebaran hidrokarbon pada reservoir karbonat di lapangan Ngawen?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik reservoir karbonat.
2. Menentukan persebaran reservoir karbonat pada lapangan Ngawen.
3. Menentukan persebaran hidrokarbon dan kelas AVO untuk gas karbonat pada reservoir karbonat di lapangan Ngawen.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini :

1. Menggunakan data seismik berupa *Pre-stack Gather* 3D.
2. Menggunakan dua data sumur (Sumur Ngawen 1 dan Sumur Ngawen 2).
3. Penelitian ini dilakukan pada Formasi Ngimbang.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Geofisika-ITS dengan membuat laporan penelitian secara ilmiah dan sistematis.
2. Dapat mengidentifikasi persebaran litologi dan fluida hidrokarbon pada lapangan Ngawen.

1.6 Sistematika Laporan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. BAB 1 – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat Tugas Akhir, dan sistematika penulisan laporan.
2. BAB 2 – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai geologi regional, stratigrafi daerah penelitian, dan teori – teori yang mendukung penelitian.
3. BAB 3 – Metodologi penelitian, berisi tentang diagram alir penelitian dan uraian pengerjaan penelitian.
4. BAB 4 – Analisis dan Pembahasan, berisi tentang data-data hasil pengolahan yang dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir, serta penjelasan dari hasil pengolahan.
5. BAB 5 – Penutup, berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

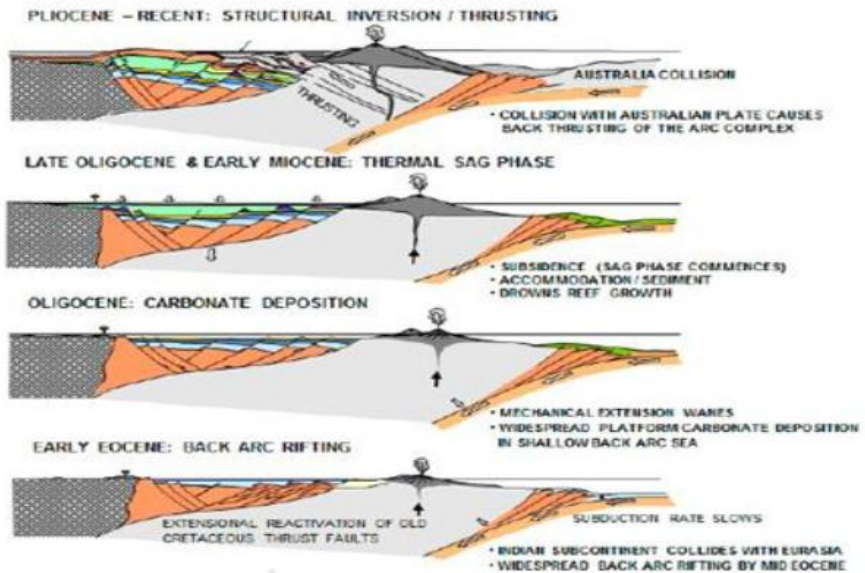
2.1 Geologi Regional Cekungan Jawa Timur Utara

Secara geologi daerah penelitian berada pada Cekungan Jawa Timur Utara (*North East Java Basin*). Cekungan tersebut terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Tahap awal pembentukan cekungan tersebut ditandai dengan adanya *half graben* yang dipengaruhi oleh struktur yang terbentuk sebelumnya. Tatanan tektonik yang paling muda dipengaruhi oleh pergerakan Lempeng Australia dan Sunda. Secara regional perbedaan bentuk struktural sejalan dengan perubahan waktu (Setyana, 2005).



Gambar 2. 1 Peta Daerah Penelitian. (Diky Setiawan dkk, 2015)

Pada Gambar 2.1, zona warna kuning merupakan daerah cekungan Jawa Timur Utara. Daerah yang ada di dalam lingkaran merah merupakan lokasi lapangan Ngawen, dimana lapangan Ngawen adalah lapangan atau daerah yang dilakukan penelitian.

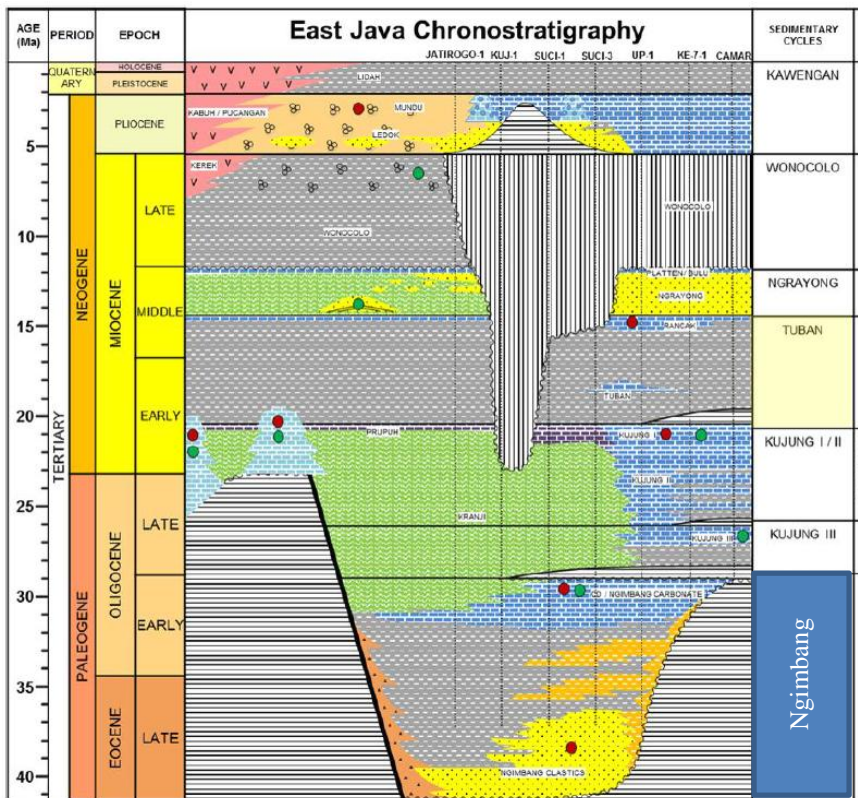


Gambar 2. 2 Pembentukan struktur Cekungan Jawa Timur Utara. (Diky Setiawan dkk, 2015)

Pada Gambar 2.2, pembentukan struktur geologi pada Cekungan Jawa Timur Utara diawali dengan terjadinya pemisahan (*rifting*) dengan arah Barat-Timur pada awal Eosen yang membentuk *half graben basement* yang menjadi dasar dari Cekungan Jawa Timur Utara. Pada Eosen tengah sampai awal Oligosen, terjadi peningkatan muka air laut (transgresi) dan karbonat mulai terendapkan diseluruh cekungan baik berupa platform maupun berupa gundukan pada daerah tinggian dimana air laut terisolir. Pada akhir Oligosen sampai awal Miosen, muka air laut semakin meningkat yang menyebabkan sebagian besar karbonat yang terbentuk di seluruh cekungan tenggelam sehingga karbonat tidak dapat tumbuh dan mati. Akan tetapi, karbonat yang terbentuk pada tinggian dari basement relatif masih dapat tumbuh sehingga membentuk reefal karbonat. Pada akhir Miosen hingga Pliosen tengah, terjadi gaya kompresi yang menyebabkan pembalikan struktur dan lipatan yang mengarah ke Utara. (Diky Setiawan dkk, 2015)

2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Daerah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Jawa Timur Utara. Stratigrafi regional di daerah penelitian dibagi menjadi Paleogen dan Neogen sedimen. Pengendapan sedimen Paleogen berkaitan dengan *rifting* atau proses tensional selama zaman Paleosen hingga Eosen yang dipengaruhi oleh konfigurasi cekungan pada waktu itu. Sedangkan pengendapan sedimen dengan arah Utara-Selatan pada periode Neogen terkait dengan proses kompresi yang dipengaruhi oleh aktivitas zona subduksi di selatan Pulau Jawa. Pada Tugas Akhir ini, penelitian dilakukan pada formasi Ngimbang khususnya formasi Ngimbang Karbonat, yang terdiri dari batuan karbonat, *shale*, dan sedikit sand (Gambar 2.3).



Gambar 2. 3 Stratigrafi North East Java Basin. (Diky Setiawan dkk, 2015)

2.2.1 Formasi Kawengan

Formasi Kawengan terdiri dari dua anggota (member) yaitu :

- Member Mundu (Pliosen Awal – Pliosen Akhir), yang tersusun oleh napal dan napal pasiran serta batu gamping pasiran. Formasi ini terendapkan setelah Formasi Ledok yang dipengaruhi oleh proses regresi ke transgresi.
- Member Ledok (Miosen Awal- Pliosen Awal), yang tersusun oleh batu pasir gampingan, batu gamping pasiran dan napal, formasi ini diendapkan di atas Formasi Wonocolo. Batugamping terumbu pada formasi ini oleh sebagian peneliti disebut Karren Limestone.

2.2.2 Formasi Wonocolo

Formasi Wonocolo tersusun oleh napal, napal lempungan, hingga napal pasiran, yang kaya akan foraminifera plankton, terdapat sisipan kalkarenit dengan tebal lapisan 5 – 20 cm. Formasi Wonocolo memiliki tebal 89 – 600 meter, diendapkan pada Miosen Akhir bagian bawah - Miosen Akhir bagian tengah. Formasi Wonocolo memiliki rasio planktonik bentonik 60 – 80%, diendapkan pada lingkungan laut terbuka dengan kedalaman 100 – 500 meter atau pada zona batimetri neritik luar – batial atas. Formasi Wonocolo ditutupi oleh Formasi Ledok di atasnya secara selaras (Pringgoprawiro, 1983).

2.2.3 Formasi Ngrayong

Formasi Ngrayong berumur Miosen tengah. Pada Formasi ini dijumpai adanya batu pasir kuarsa berukuran halus pada bagian bawah dan menjadi kasar pada bagian atas dan terkadang gampingan (Pringgoprawiro, 1983). Batu pasir ini sebelumnya disebut sebagai anggota Ngrayong dari Formasi Tawun, tetapi kemudian disebut sebagai Formasi Ngrayong.

Pasir Ngrayong diendapkan dalam fase regresif dari lingkungan laut dangkal zona neritik pinggir hingga rawa-rawa pada waktu Miosen Tengah. Ketebalan keseluruhan Pasir Ngrayong adalah sangat beragam, di sebelah Utara mencapai 800 – 1000 meter, sedangkan di sebelah Selatan mencapai 400 meter. Formasi Ngrayong kontak dengan batugamping Formasi Tawun pada bagian bawah dan dibagian atas ditutupi oleh batugamping Formasi Bulu (Soedjoprajitno & Djuhaeni, 2006).

2.2.4 Formasi Tuban

Formasi Tuban tersusun atas napal pasiran berwarna putih abu-abu, semakin ke atas berubah menjadi endapan batu lempung biru kehijauan dengan sisipan batu gamping berwarna abu-abu kecoklatan yang kaya akan foraminifera orbitoid, koral, dan alga. Semakin ke atas berubah menjadi batu gamping pasiran berwarna putih kekuningan hingga coklat kekuningan. Umur

dari Formasi Tuban adalah Miosen awal bagian tengah. Formasi Tuban memiliki rasio planktonik bentonik berkisar 20% - 30%, diendapkan pada lingkungan sublittoral (Pringgoprawiro, 1983).

2.2.5 Formasi Kujung

Formasi Kujung tersingkap pada bagian timur dari zona Rembang. Umur Formasi Kujung adalah Oligosen atas. Pada daerah ini, Formasi Kujung dapat dibagi menjadi tiga bagian: bagian bawah adalah reefal, bagian tengah adalah perselingan lempung dan kapur, bagian atas adalah perselingan lempung, kapur, dan karbonat turbidit. Pada bawah permukaan, pada daerah tertentu, bagian tengah dan atas Formasi Kujung secara lateral adalah karbonat reefal. Batas atas dari Formasi Kujung adalah transisi hingga laut dangkal Formasi Tuban. Interval Formasi Kujung terdiri dari dua litofasies utama, yaitu fasies gundukan atau karbonat laut dangkal dan fasies bukan gundukan atau karbonat laut dalam, kapur, dan lempung.

Perluasan dari Formasi bawah Kujung diwakili oleh alga merah, karbonat kaya akan koral dengan perselingan wackestone sampai grainstone. Litologi ini berwarna putih kekuningan sampai putih kecoklatan dan sangat tebal. Formasi Kujung memiliki rasio planktonik bentonik berkisar 60%-70% diendapkan pada lingkungan laut terbuka pada kedalaman berkisar antara 200-500m atau bathyal atas (Pringgoprawiro, 1983).

2.2.6 Formasi Ngimbang

Formasi Ngimbang dapat dibagi menjadi 4 (empat) anggota (terurut dari tua ke muda) sebagai berikut :

2.2.6.1 Anggota Pra “CD”

Anggota Pra “CD” terdiri dari batu gamping, serpih, batu pasir, batu lempung, batu lanau, dan konglomerat dengan sedikit lapisan tipis batubara. Ketebalan anggota ini pada umumnya tipis dan menebal ke arah daerah rendahan dan pada umumnya menghilang pada daerah *paleo-high*. Umur dari sedimen anggota Pra “CD” sedimen diasumsikan berumur Ta-b (Eosen).

2.2.6.2 Anggota “CD”

Anggota “CD” sebagian besar terdiri dari batu gamping dengan perselingan serpih dan batu pasir dan pada beberapa tempat dengan sedimen tufaan yang teramati dengan baik. Pengendapan dari sedimen anggota “CD” sebagian besar dikontrol oleh konfigurasi dari topografi batuan dasar.

2.2.6.3 Anggota Ngimbang Clastic / NGC

Di beberapa tempat, anggota ini diendapkan secara tidak selaras diatas Anggota “CD” dari Formasi Ngimbang atau diatas batuan dasar. Anggota Pre-Kujung terdiri dari serpih, batu gamping, batu pasir dan batu lempung. Serpih biasanya terdapat pada bagian *paleo-lows* sedangkan pada bagian *paleo-highs* menjadi tempat sedimentasi dari *platform* karbonat, termasuk di antaranya beberapa tubuh *patch reef*. Secara umum, pengendapan terjadi selama fase regresif. Ketebalan bervariasi dari 270 feet sampai dengan 995 feet.

2.2.6.4 Anggota Ngimbang Limestone/Lower Limestone/LL-NG

Anggota *Lower Limestone* / LL terdiri dari batu gamping dan perselingan dengan batu serpih. Secara regional, anggota ini diendapkan sebagai bagian sekuen pengisi cekungan awal transgresi-regresi yang berumur *Oligosen* Awal hingga *Oligosen* Tengah.

2.3 Konsep Dasar Seismik Refleksi

Konsep dasar seismik refleksi yaitu ketika terjadi sumber getaran, gelombang merambat kedalam permukaan tanah hingga mengenai bidang pantul atau bidang refleksi, sehingga dipantulkan kembali ke atas permukaan yang kemudian diterima oleh *receiver*. Setiap lapisan batuan memiliki sifat akustik yang khas yaitu Akustik Impedans (AI) yang merupakan hasil kali antara densitas (ρ) dengan kecepatan (V). Dalam mengontrol nilai dari AI, lebih ditentukan pada kecepatan. Contohnya, material pengisi pori (minyak, gas dan air) mempengaruhi kecepatan pada suatu batuan ketimbang densitasnya. AI didefinisikan sebagai *acoustic hardness*. Pada batuan yang keras (batu gamping) nilai AI tinggi sedangkan pada batuan yang lunak (lempung) nilai AI rendah (Sukmono, 1999).

$$AI = \rho V \quad (2.1)$$

dimana AI adalah Akustik Impedansi (m/s. g/cm³), ρ adalah densitas (g/cm³), dan V adalah kecepatan (m/s).

Dikarenakan orde nilai kecepatan lebih besar dibandingkan dengan orde nilai densitas, maka harga AI lebih dikontrol oleh kecepatan gelombang seismik pada batuan. Pada saat gelombang seismik melalui dua media yang impedansi akustiknya berbeda maka sebagian energinya akan dipantulkan. Perbandingan antara energi yang dipantulkan dengan energi datang pada keadaan normal dituliskan dalam persamaan :

$$KR_i = \frac{\rho_{i+1}V_{i+1} - \rho_1V_1}{\rho_{i+1}V_{i+1} + \rho_1V_1} = \frac{AI_{i+1} - AI_i}{AI_{i+1} + AI_i} \quad (2.2)$$

dimana KR_i adalah Koefisien Refleksi ke- i , AI_i adalah Impedansi Akustik ke- i , dan AI_{i+1} adalah Impedansi Akustik ke $i+1$.

Perbedaan nilai AI karena adanya kontras densitas maupun kecepatan gelombang seismik yang selanjutnya diinterpretasikan sebagai kontras litologi. Deret koefisien refleksi sebagai variasi kontras AI dikonvolusikan dengan wavelet akan menghasilkan trace seismik. Besar amplitudo pada trace seismik mewakili harga kontras AI . Semakin besar amplitudonya maka semakin besar pula refleksi dan kontras AI nya (Hampson & Russel, 2008). Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

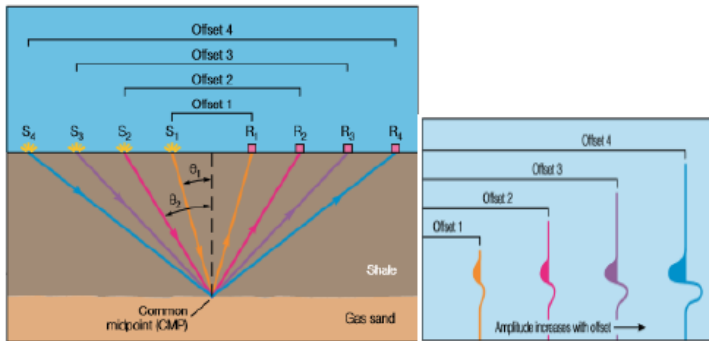
$$S(t) = W(t) * r(t) \quad (2.3)$$

dimana $S(t)$ adalah trace seismik, $W(t)$ adalah wavelet seismik, dan $r(t)$ adalah reflektivitas bumi.

2.4 Prinsip Dasar AVO

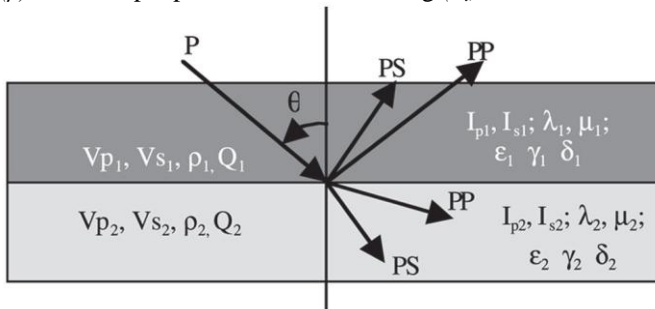
AVO pertama kali ditujukan sebagai suatu teknik untuk menganalisa respon amplitudo pada seismik yang berasosiasi dengan kehadiran gas pada reservoir (Ostrader, 1984). Anomali AVO muncul sebagai akibat penurunan dari koefisien refleksi gelombang seismik secara drastis dari puncak lapisan mengandung gas bila dibandingkan dengan koefisien refleksi dari lapisan – lapisan di sekitarnya.

Analisa AVO mengacu pada perubahan amplitudo sinyal terpantul pada bidang *interface* terhadap jarak dari sumber gelombang ke geophone penerima. Prinsip dasar AVO adalah berawal dari adanya suatu anomali yaitu bertambahnya amplitudo sinyal refleksi terhadap pertambahan jarak sumber gelombang seismik ke penerima (offset), apabila gelombang seismik dipantulkan oleh lapisan batuan berisi gas. Jarak sumber ke penerima (offset) berhubungan dengan sudut datang sinar seismik (*angle of incidence*) terhadap bidang pemantulan. Semakin besar offset maka semakin besar pula sudut datangnya (Gambar 2.4).



Gambar 2. 4 Hubungan antara offset dengan sudut datang dan sinyal datang yang terekam dalam titik reflektor yang sama. (Frank, Chiburis, & McHugo, 1993)

AVO muncul sebagai akibat dari partisi energi pada bidang batas lapisan. Sebagian energi dipantulkan dan sebagian energi ditransmisikan. Ketika gelombang seismik menuju batas lapisan pada sudut datang tidak sama dengan nol maka konversi gelombang P menjadi gelombang S terjadi. Amplitudo dari energi yang terefleksikan dan tertransmisikan tergantung pada sifat fisik diantara bidang reflektor. Sebagai konsekuensinya, koefisien refleksi menjadi fungsi dari kecepatan gelombang (V_p), kecepatan gelombang S (V_s), densitas (ρ) dari setiap lapisan, serta sudut datang (θ_i) sinar seismik.



Gambar 2. 5 Refleksi dan Transmisi energi gelombang Seismik. untuk sudut datang lebih dari nol pada bidang batas. (Yilmaz, 2001)

Oleh karena itu terdapat empat kurva yang dapat diturunkan yaitu : amplitudo refleksi gelombang P, amplitudo transmisi gelombang P, amplitudo refleksi gelombang S, dan amplitudo transmisi gelombang S seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Lintasan gelombang pada Gambar 2.5 tersebut mengikuti hukum snellius, yaitu:

$$\frac{\sin \theta_1}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_1}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{p2}} = \frac{\sin \varphi_1}{V_{s1}} = \frac{\sin \varphi_1}{V_{s2}} = p \quad (2.4)$$

Keterangan :

- θ_1 : Sudut datang gelombang P,
- θ_1 : Sudut refleksi gelombang P,
- θ_2 : Sudut transmisi gelombang P,
- φ_1 : Sudut refleksi gelombang S,
- φ_2 : Sudut transmisi gelombang S,
- p : Parameter gelombang,
- V_{p1} : Kecepatan gelombang P pada medium pertama,
- V_{p2} : Kecepatan gelombang P pada medium kedua,
- V_{s1} : Kecepatan gelombang S pada medium pertama,
- V_{s2} : Kecepatan gelombang S pada medium kedua.

2.5 Klasifikasi dan Anomali AVO

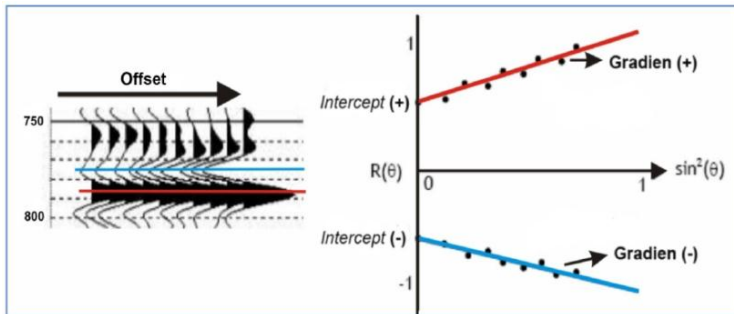
Koefisien refleksi memegang peran penting dalam analisis AVO, karena koefisien refleksi akan bervariasi terhadap perubahan offset. Amplitudo seismik juga merupakan representasi dari koefisien refleksi. Perubahan amplitudo selain dipengaruhi oleh offset, juga dapat dipengaruhi oleh perubahan kandungan fluida di dalam lapisan. Presentasi fluida dalam lapisan yang mengubah pola refleksi tersebut disebut sebagai anomali amplitudo.

2.5.1 Intercept

Intercept (A) merupakan nilai amplitudo pada normal offset yang berhubungan langsung dengan koefisien refleksi batuan di atas dan di bawah bidang refleksi sebagai fungsi dari akustik impedansi (Gambar 2.6). Harga intercept positif menunjukkan bahwa lapisan penutup memiliki nilai impedansi lebih rendah dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Sebaliknya jika intercept negatif menunjukkan bahwa lapisan penutup memiliki nilai impedansi lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Harga intercept lebih menunjukkan perubahan litologi.

2.5.2 Gradient

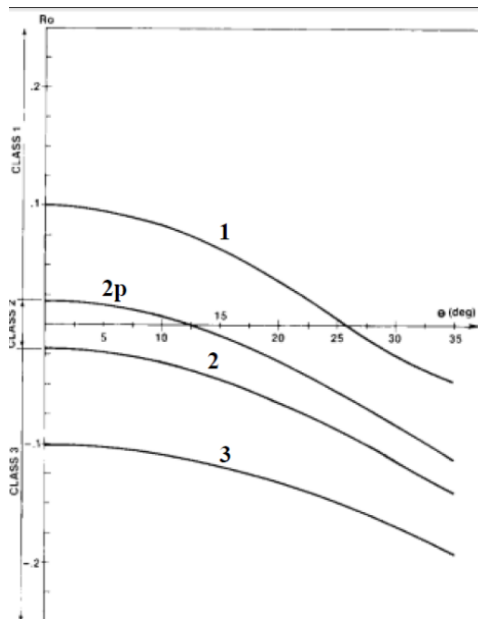
Gradient (B) merupakan kemiringan garis yang menggambarkan perubahan amplitudo relatif dengan sudut datang atau offset (Gambar 2.6). Perubahan amplitudo ini mengandung informasi perubahan kecepatan kompresi, kecepatan gelombang geser, densitas, dan poisson ratio yang mengindikasikan sebagai perubahan karena fluida pengisi pori batuan.



Gambar 2. 6 Intercept (A) dan Gradien (B). (Frank, Chiburis, & McHugo, 1993)

2.5.3 Klasifikasi Rutherford dan Williams (1989)

Rutherford dan Williams (1989) mempublikasikan klasifikasi anomali AVO yang membagi anomali AVO (berdasarkan kandungan minyak dan gas) menjadi tiga kelas yaitu: kelas I, (*high impedance contrast*); kelas II, (*near-zone impedance contrast*); dan kelas III, (*low impedance contrast*) (Gambar 2.7).



Gambar 2. 7 Klasifikasi AVO. (Rutherford & Williams, 1989)

2.5.3.1 Kelas 1 (*High impedance contrast*)

Kelas 1 memiliki nilai impedansi akustik (IA) yang lebih tinggi daripada serpih (*cap*) yang berada di atasnya. Digambarkan dengan nilai *intercept* amplitudo positif besar kemudian mengecil sesuai dengan bertambahnya offset maupun sudut (*gradient* negatif) serta berada pada kuadran ke IV pada *crossplot intercept vs gradient*. Pasir gas tipe ini memiliki kekompakkan yang cukup tinggi (*tight*) dan terjadi penurunan amplitudo (*dimming effect/dim spot*) dengan kenaikan offset.

2.5.3.2 Kelas 2 (*Near-zero impedance contrast*)

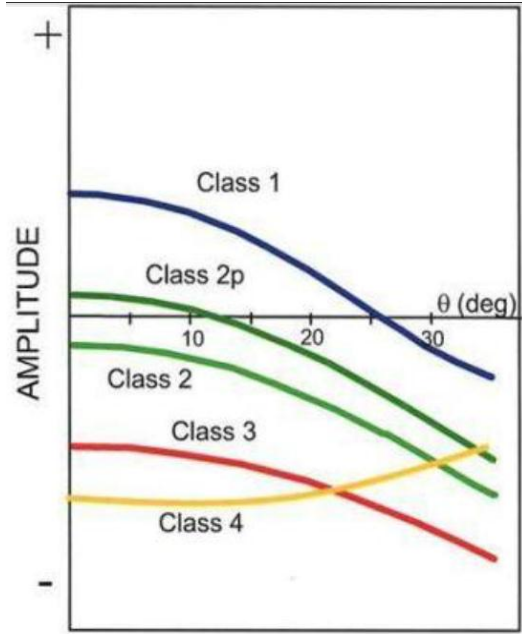
Kelas 2 memiliki nilai impedansi akustik (IA) yang hampir sama dengan serpih (*cap*) yang berada di atasnya. Kelas 2 dibagi menjadi dua yaitu kelas 2 dan 2p. Kelas 2 mempunyai koefisien refleksi nol pada offset sama dengan nol, sedangkan kelas 2p mempunyai koefisien refleksi positif pada *zero offset* dan terjadi pembalikan polaritas di dekat *near offset*. Kelas 2 dikarakterisasikan dengan nilai *intercept* kecil dan *gradient* negatif.

2.5.3.3 Kelas 3 (*Low impedance contrast*)

Kelas 3 memiliki impedansi akustik (IA) yang lebih rendah dibandingkan serpih yang berada di atasnya. Koefisien refleksi dari *normal incidence* selalu bernilai negatif dan semakin negatif dengan kenaikan offset. Kelas 3 dikarakterisasikan dengan nilai *intercept* yang negatif dan *gradient* negatif.

2.5.4 Klasifikasi Castagna dan Swan (1997)

Castagna dan Swan (1997) melakukan penelitian respon AVO di Gulf of Mexico menambahkan klasifikasi tambahan selain klasifikasi pasir gas yang diajukan oleh Rutherford dan Williams, yaitu pasir gas kelas 4 (Low impedance contrast). Kelas 4 memiliki impedansi akustik (IA) mirip dengan kelas 3 tetapi dengan *intercept* negatif dan *gradient* positif. (Gambar 2.8).



Gambar 2. 8 Klasifikasi AVO dengan tambahan klasifikasi Castagna dan Swan. (Castagna & Swan, 1997)

2.6 Inkompresibilitas (λ) dan Rigiditas (μ)

Lambda-Rho dan Mu-Rho merupakan parameter Lamé (Lambda λ , Mu μ , dan Densitas ρ) yang diperoleh dari inversi AVO (Amplitude Versus Offset). Hubungan kecepatan V_p dan V_s terhadap parameter Lamé adalah sebagai berikut :

$$V_p = \left(\lambda + \frac{\mu}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2.5)$$

$$V_s = \left(\frac{\mu}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2.6)$$

Jika Pers. (2.5 dan 2.6) masing-masing dikalikan ρ serta dikuadratkan maka :

$$Z_p^2 = (\rho \cdot V_p)^2 = (\lambda + 2\mu)\rho = \lambda\rho + 2\mu\rho \quad (2.7)$$

$$Z_s^2 = (\rho \cdot V_s)^2 = \mu\rho \quad (2.8)$$

Dari Pers. (2.7 dan 2.8) dapat diperoleh rumus persamaan hubungan parameter Lamé dengan impedansi, sebagai berikut :

$$\lambda\rho = Zp^2 - 2Zs^2 \quad (2.9)$$

$$\mu\rho = Zs^2 \quad (2.10)$$

dimana V_p adalah kecepatan gelombang P, V_s adalah kecepatan gelombang S, Z_p adalah impedansi gelombang P, Z_s adalah impedansi gelombang S, $\lambda\rho$ adalah Lamda-Rho, dan $\mu\rho$ adalah Mu-Rho.

Parameter λ atau Inkompresibilitas merupakan tingkat ketahanan suatu batuan terhadap gaya tekan yang mengenainya. Semakin mudah dikompresi maka semakin kecil nilai inkompresibilitas begitu pula sebaliknya. Perubahan ini lebih disebabkan oleh adanya perubahan pori dari pada perubahan ukuran butirnya. Hasil perkalian λ dengan ρ atau dikenal dengan Lambda-Rho ($\lambda\rho$) dapat mengindikasikan keberadaan fluida karena nilainya menggambarkan resistensi fluida terhadap perubahan volume karena gaya *compressional stress*. Batuan yang berisi gas akan memiliki nilai Lambda-Rho yang kecil.

Parameter μ atau Rigiditas didefinisikan sebagai resistensi batuan terhadap sebuah *strain* yang mengakibatkan perubahan bentuk tanpa merubah volume total dari batuan tersebut. Rigiditas sensitif terhadap matriks batuan. Semakin rapat matriks batuan, maka batuan tersebut dikatakan memiliki rigiditas yang tinggi. (Gray & Andersen, 2001)



Gambar 2. 9 Ilustrasi dan Contoh Rigiditas dan Inkompresibilitas. (Gray & Andersen, 2001)

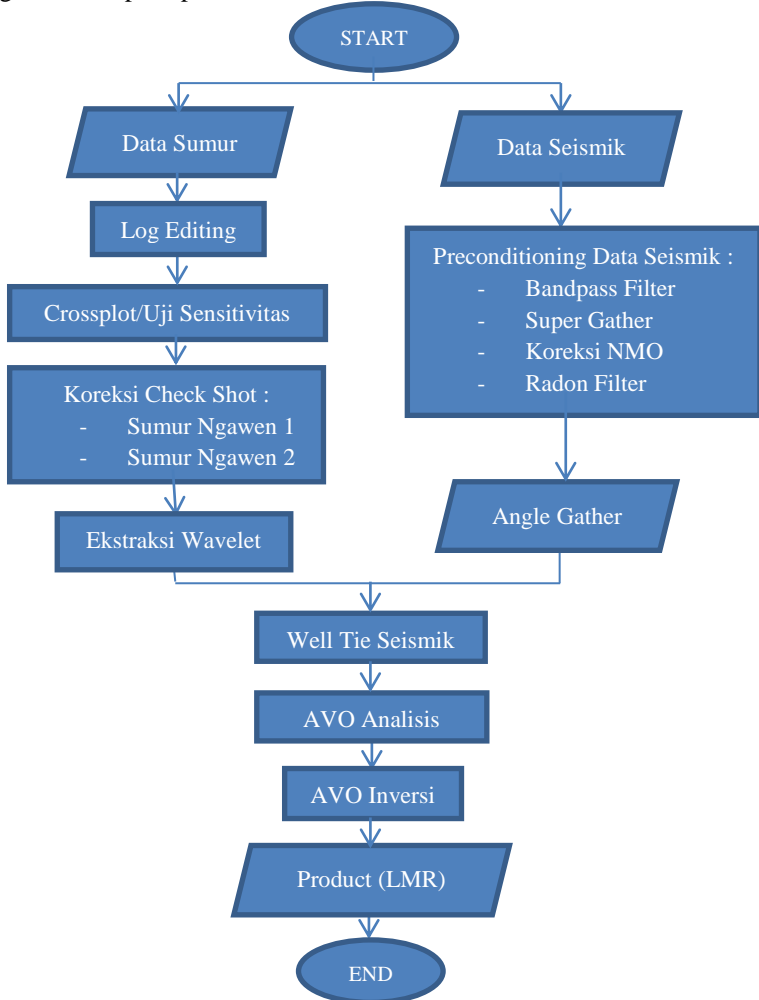
Dalam Gambar 2.9, kartu dan *shale* (kiri) memiliki nilai rigiditas rendah karena butiran atau partikel penyusunnya kurang rapat. Batu bata dan batu karbonat (tengah) memiliki nilai rigiditas yang tinggi, karena butiran penyusunnya sangat rapat. Spons dan batu pasir (kanan) memiliki nilai inkompresibilitas rendah, karena mudah dikenai gaya tekan.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penelitian

Alur pengerjaan Tugas Akhir ini dapat direpresentasikan berdasarkan diagram alir seperti pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.

3.2. Data Sumur

Dalam penelitian Tugas Akhir ini digunakan dua buah data sumur vertikal, yaitu sumur Ngawen 1 dan Ngawen 2. Detail mengenai informasi masing – masing data sumur tersaji pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Informasi Data Sumur.

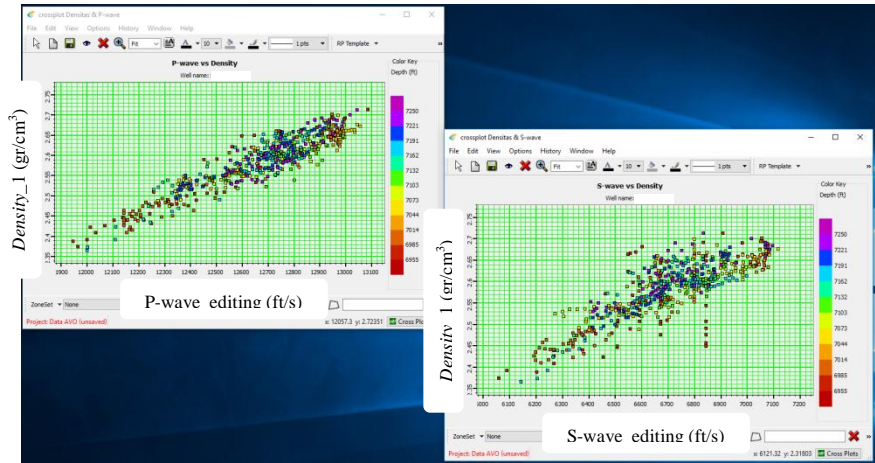
LOG	Ngawen 1	Ngawen 2
Gamma-Ray	√	√
Density	√	√
P-Wave	√	√
S-Wave	√	√
NPHI	√	√
Resistivity	√	√
Check Shot	√	√

Berdasarkan Tabel 3.1, dapat diketahui bahwa semua parameter log yang dibutuhkan disetiap sumur, datanya lengkap. Dari tabel data sumur di atas, log yang akan digunakan untuk proses log editing adalah log *density* dan log *velocity*. Log yang akan digunakan untuk Crossplot adalah log Gamma ray, *Impedance* (log *velocity* dan *density*). Serta untuk proses inversi AVO yaitu log *density* dan *velocity* yang telah dilakukan proses editing.

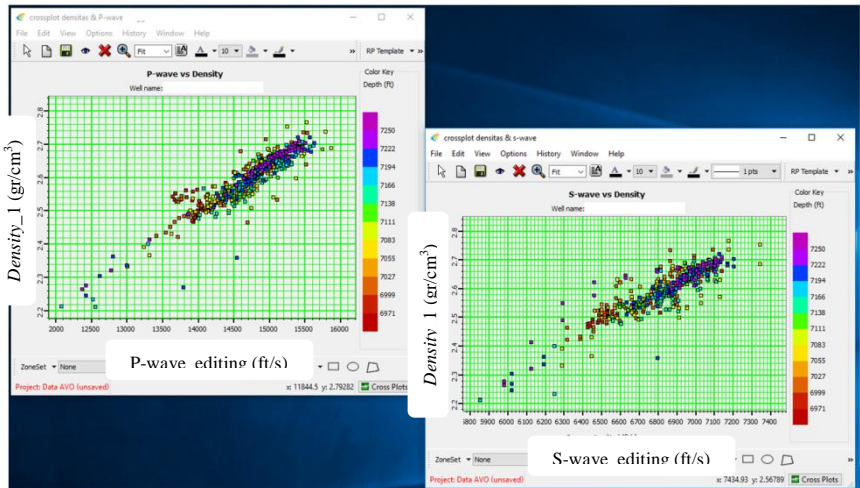
3.3. Log Editing

Dalam tahap ini, dilakukan log editing pada data log P-wave dan S-wave. Tujuan dilakukan tahap ini yaitu untuk menghilangkan noise saat pengambilan data log, seperti kesalahan casing, lubang bor yang terlalu besar. Selain itu juga untuk memperbaiki data sebelum dilakukan inversi.

Parameter yang digunakan untuk mendapatkan hasil log editing yang bagus adalah hubungan kelinearitasan antara *density* dan *velocity*. Jika hasil crosplot antara *density* dan *velocity* linear, maka data log *velocity* yang telah dilakukan log editing sudah bagus. Berikut hasil crossplot antara *density* dan *velocity* pada tiap sumur yang telah dilakukan proses log editing (Gambar 3.2 dan Gambar 3.3) :



Gambar 3. 2 Crossplot *Density* & *Velocity* Pada Sumur Ngawen 1.



Gambar 3. 3 Crossplot *Density* & *Velocity* Pada Sumur Ngawen 2.

Dari hasil di atas, dapat diketahui hubungan antara *density* dan *velocity* sudah linear. Hal tersebut menunjukkan bahwa hasil log editing yang telah dilakukan sudah bagus. *Velocity* yang telah dilakukan log editing, kemudian digunakan untuk proses selanjutnya sehingga diperoleh nilai *Impedance* dan $\lambda \mu - \rho$ dari hasil inversi AVO.

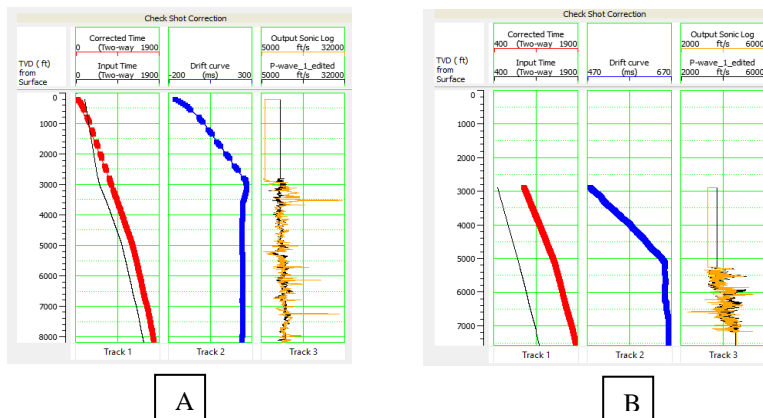
3.4. Crossplot/Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas bertujuan untuk melihat parameter apa yang dapat digunakan untuk diskriminasi litologi daerah penelitian, dan diskriminasi fluida didalamnya. Pada saat crossplot, *color key* yang digunakan yaitu nilai porositas, untuk mendiskriminasi litologi. *Porosity* digunakan karena bisa membedakan mana reservoir yang bersifat *porous* (nilai porositasnya tinggi) dan mana reservoir yang bersifat *tight* (nilai porositasnya rendah). Sedangkan untuk mendiskriminasi fluida, menggunakan *color key Resistivity*. *Resistivity* digunakan karena bisa membedakan mana fluida *water, oil, and gas*. Fluida *water* memiliki nilai resistivitas yang relatif rendah dari pada fluida hidrokarbon.

Pada uji sensitivitas ini, untuk mendiskriminasi litologi, digunakan crossplot antara Gamma-Ray dan *Impedance*. Sedangkan untuk mendiskriminasi fluida, digunakan crossplot antara *S-Impedance* dan *P-Impedance*. Selain itu untuk mendiskriminasi fluida, digunakan crossplot antara Lambda Mu-Rho dan *P-Impedance*.

3.5 Checkshot Correction

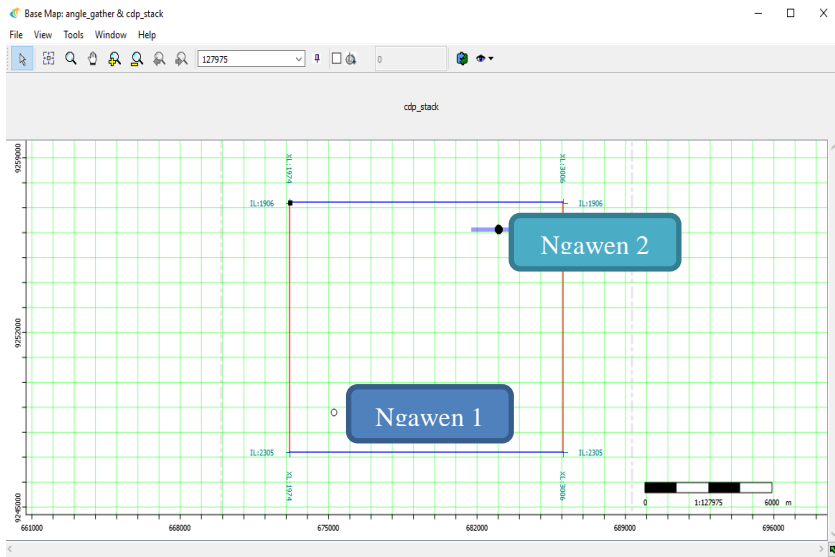
Checkshot correction berfungsi untuk mengubah data sumur yang awalnya domain *depth* menjadi domain waktu, karena pada data seismik domainnya berupa domain waktu. Sehingga tahap ini sangat penting untuk dilakukan. Proses *checkshot correction* dilakukan pada log sumur Ngawen 1 dan log sumur Ngawen 2, sehingga muncul tampilan seperti Gambar 3.4, maka log sumur yang awalnya domain *depth* berubah menjadi domain waktu.



Gambar 3. 4 CHK (A) Ngawen 1 (B) Ngawen 2.

3.6 Data Seismik

Data Seismik yang digunakan berupa data seismik *pre-stack gather 3D*, yang belum dilakukan proses apapun. Kemudian data seismik tersebut akan dilakukan proses *pre-conditioning* data seismik, sehingga siap untuk dilakukan inversi AVO. Adapun geometri dari data seismik yang digunakan adalah dari *xline* 1974 – 3006 dan *inline* 1906 – 2305. Sumur Ngawen 1 memiliki koordinat X = 675270,45 dan koordinat Y = 9248770,54. Sedangkan sumur Ngawen 2 memiliki koorddinat X = 683001,65 dan koordinat Y = 9256158,07. Sehingga sumur Ngawen 2 berada di sebelah Timur Laut dari sumur Ngawen 1. Berikut Gambar 3.5 merupakan *basemap* data seismik yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 3. 5 Basemap dari data seismik.

3.7 Pre-Conditioning Data Seismik

Tahap *pre-conditioning* data seismik merupakan salah satu tahap dalam pengolahan data seismik, berfungsi untuk mengolah data seismik sehingga siap digunakan dalam proses pengikatan data sumur dan proses inversi. penting dilakukan sebelum proses inversi. Tahapan *precondition* ini penting dilakukan karena data seismik yang digunakan pada proses inversi AVO lebih baik berupa *angle*, tidak lagi dalam *offset*.

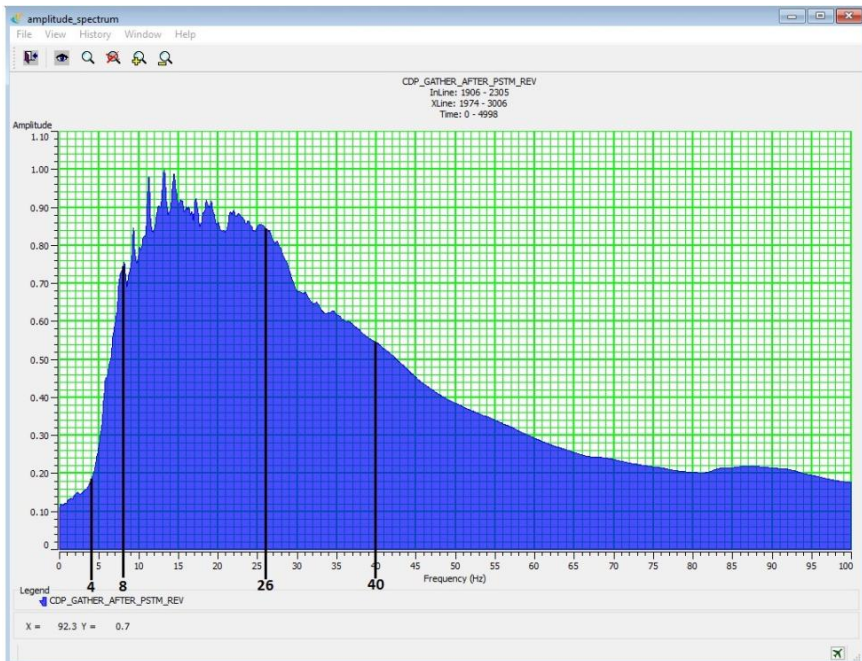
Seperti yang telah disebutkan pada bagian sebelumnya bahwa data seismik yang digunakan merupakan data seismik *Pre-Stack Gather* yang belum

dilakukan proses filtering dan koreksi NMO. Sehingga perlu dilakukan tahap *pre-conditioning* data seismik. Dalam tahap ini, dilakukan proses bandpass filter, super gather, koreksi NMO, dan radon filter. Sehingga menghasilkan Angle Gather. Berikut merupakan tahapan proses *pre-conditioning* data seismik pada penelitian ini:

3.7.1 Bandpas Filter

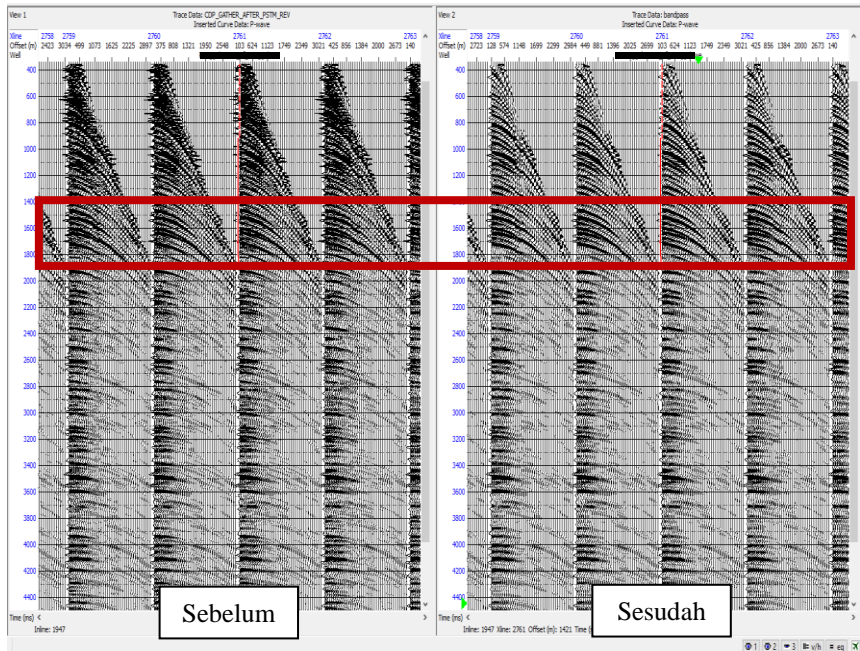
Data seismik *pre-stack gather 3D* yang digunakan dalam penelitian ini belum dilakukan filtering sama sekali. Filter pertama kali yang digunakan adalah filter bandpass, karena filter ini dapat menonjolkan frekuensi dominan dari data seismik, sehingga sinyal frekuensi selain frekuensi dominan tersebut dapat dihilangkan.

Dalam menentukan frekuensi dominan dari data seismik tersebut, harus dilakukan terlebih dahulu analisa *spectrum amplitude*. Sehingga dapat diketahui nilai *low cut*, *low pass*, *high cut*, dan *high pass* untuk dijadikan parameter dalam pengolahan filter bandpass. Seperti pada Gambar 3.6 di bawah ini :



Gambar 3. 6 Analisa Spectrum amplitude.

Berdasarkan analisa *spectrum amplitude* di atas, penulis menyimpulkan untuk mengambil rentang nilai frekuensi untuk *low cut* sebesar 4Hz, nilai *low pass* sebesar 8Hz, nilai *high cut* sebesar 26Hz, dan nilai *high pass* sebesar 40Hz. Pemilihan nilai tersebut berdasarkan nilai frekuensi yang ingin kita buang dan yang ingin kita loloskan, sehingga membentuk trapezoid (Gambar 3.6). Berikut Gambar 3.7 hasil proses filter bandpass :

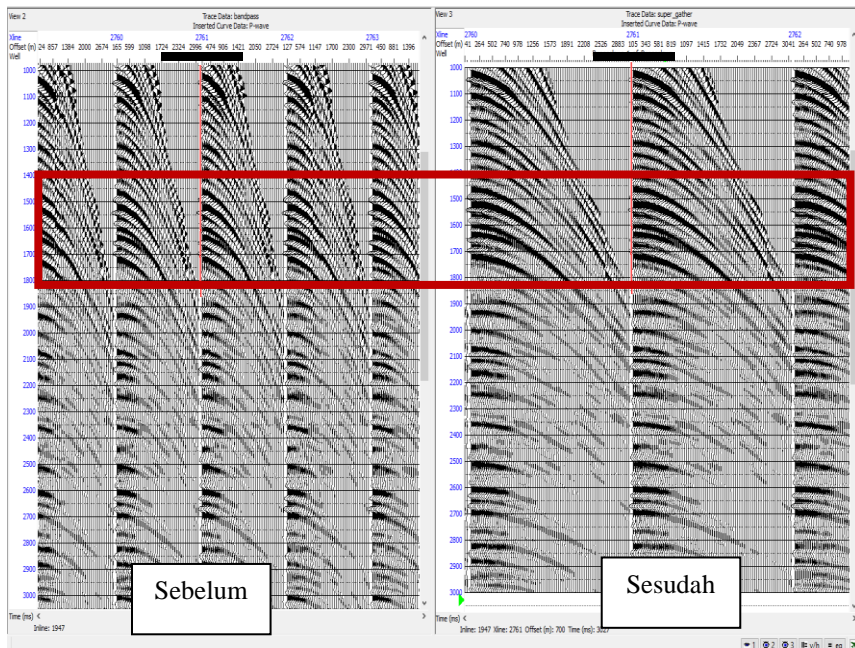


Gambar 3. 7 Sebelum dan Sesudah Proses Filter Bandpass.

Dari Gambar 3.7 di atas, terlihat jelas perbedaan data seismik sebelum dan sesudah proses filter bandpass. Hasil sesudah bandpass lebih bersih dari noise (frekuensi yang tidak diinginkan). Garis merah merupakan zona target dalam penelitian, yang terletak pada time domain 1400-1900 ft/s.

3.7.2 Super Gather

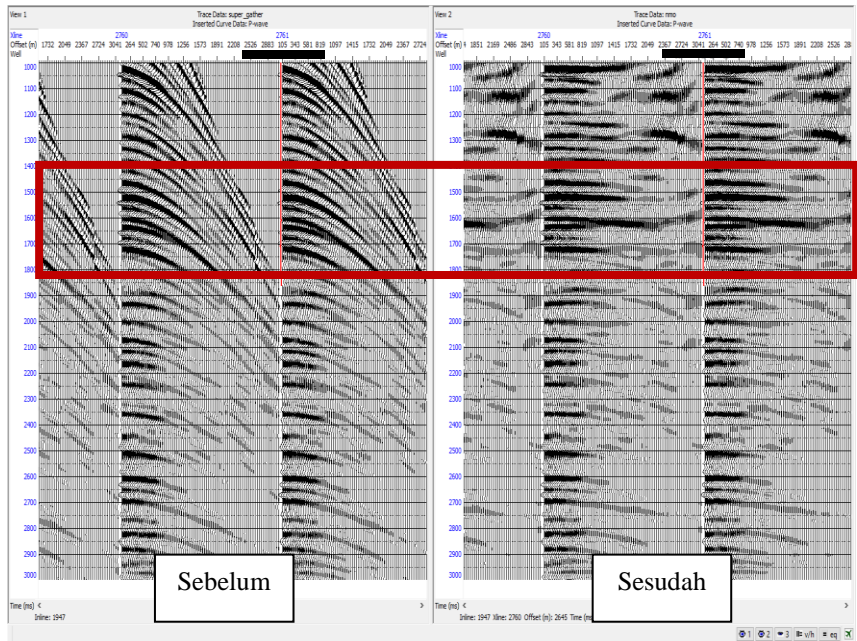
Proses selanjutnya adalah Super Gather, data yang digunakan adalah data seismik yang telah dilakukan filter bandpass. Tujuan dilakukannya Super Gather ini adalah untuk meningkatkan *signal to noise ratio*. Berikut Gambar 3.8 adalah hasil Super Gather pada data seismik :



Gambar 3. 8 Sebelum dan Sesudah Proses Super Gather.

3.7.3 Koreksi NMO

Setelah dilakukan proses Super Gather, tahap selanjutnya yaitu koreksi NMO. Tahap ini berfungsi untuk menghilangkan efek *moveout* pada *traveltime offset*. Berikut Gambar 3.9 adalah hasil proses koreksi NMO :

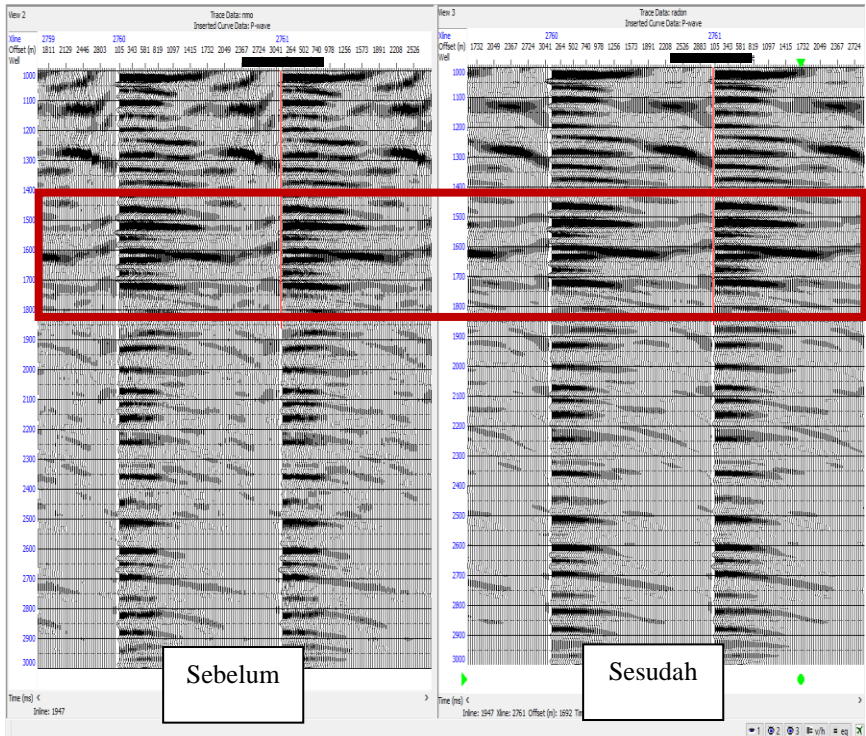


Gambar 3. 9 Sebelum dan Sesudah Proses Koreksi NMO.

Karena koreksi NMO yang berfungsi untuk menghilangkan efek *moveout*, maka dari Gambar 3.9 di atas dapat dilihat, sinyal seismik yang awalnya berbentuk melengkung ke bawah menjadi lurus searah dengan bertambahnya offset. Garis merah merupakan zona target dalam penelitian, yang terletak pada time domain 1400-1900 ft/s.

3.7.4 Radon Filter

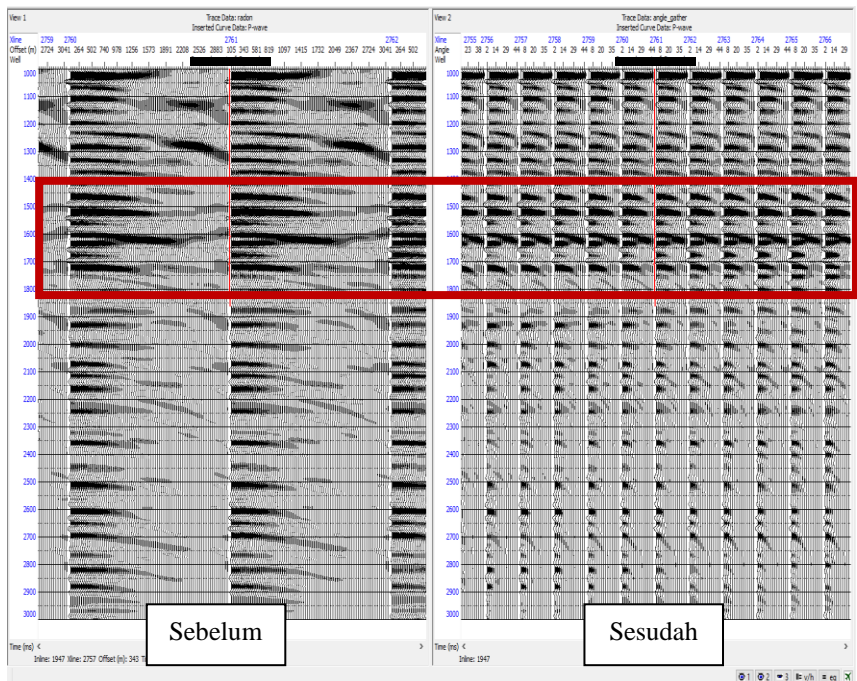
Pada proses NMO masih terlihat efek *moveout* meskipun hanya sedikit. Efek tersebut merupakan noise/multiple yang harus dihilangkan, dengan *radon filter* maka noise/multiple tersebut bisa dihilangkan. Berikut Gambar 3.10 adalah hasil proses *radon filter* :



Gambar 3. 10 Sebelum dan Sesudah Proses *Radon Filter*.

3.8 Angle Gather

Tahapan selanjutnya adalah mengubah fungsi jarak dalam offset kedalam sudut, yaitu dengan melakukan proses *angle gather*. Data *angle gather* ini lah yang nantinya akan digunakan pada saat inversi AVO. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan *angle gather* dengan sudut 0 – 45 derajat, dengan jumlah sudut sebanyak 15 derajat. Berikut adalah hasil data *angle gather* yang didapatkan :

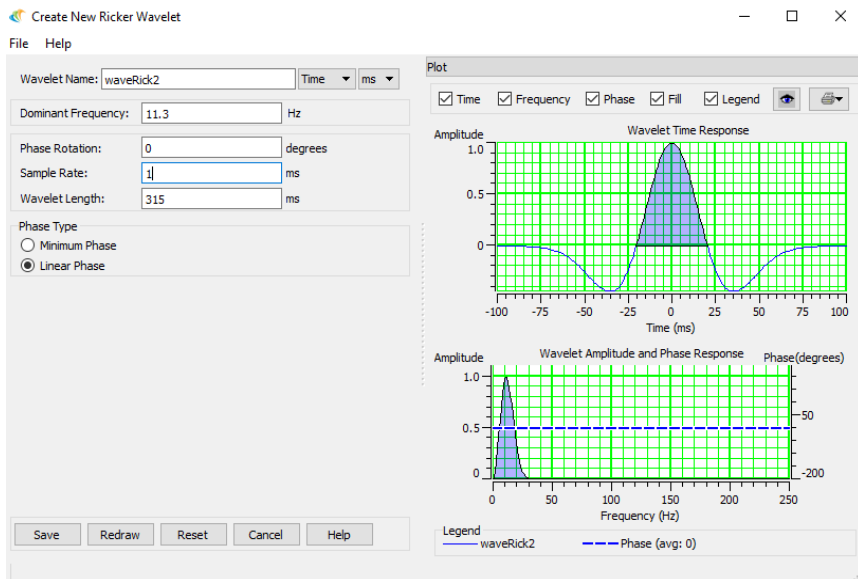


Gambar 3. 11 Sebelum dan Sesudah Proses Angle Gather

Pada Gambar 3.11 di atas, dapat dilihat bahwa data yang sudah dilakukan proses angle gather, fungsi jaraknya sudah berubah ke dalam sudut (angle). Garis merah merupakan zona target dalam penelitian, yang terletak pada time domain 1400-1900 ft/s.

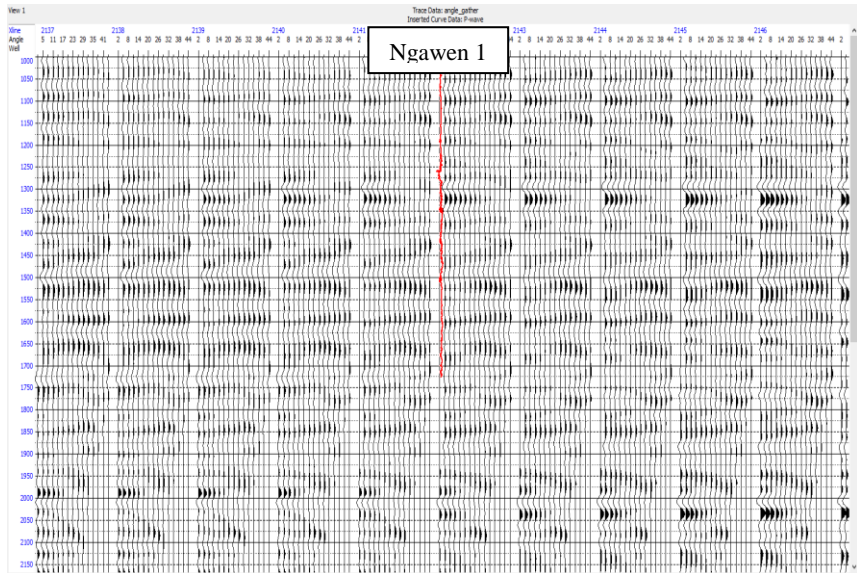
3.9 Well Tie Seismik

Sebelum dilakukan proses *Well Tie Seismik*, terlebih dahulu dilakukan pembuatan *Wavelet*. *Wavelet* yang digunakan yaitu *Wavelet Ricker*, dengan frekuensi 11.3Hz dan panjang gelombangnya 315ms. Nilai frekuensi untuk *wavelet ricker* ini diperoleh dari analisa *spectrum amplitudo* yang memiliki nilai amplitudo terbesar. Nilai panjang gelombang pada *wavelet ricker* ini diperoleh dari hasil pembagian antara kecepatan rata-rata dengan nilai frekuensi. Berikut Gambar 3.12 merupakan proses pembuatan *wavelet ricker* :

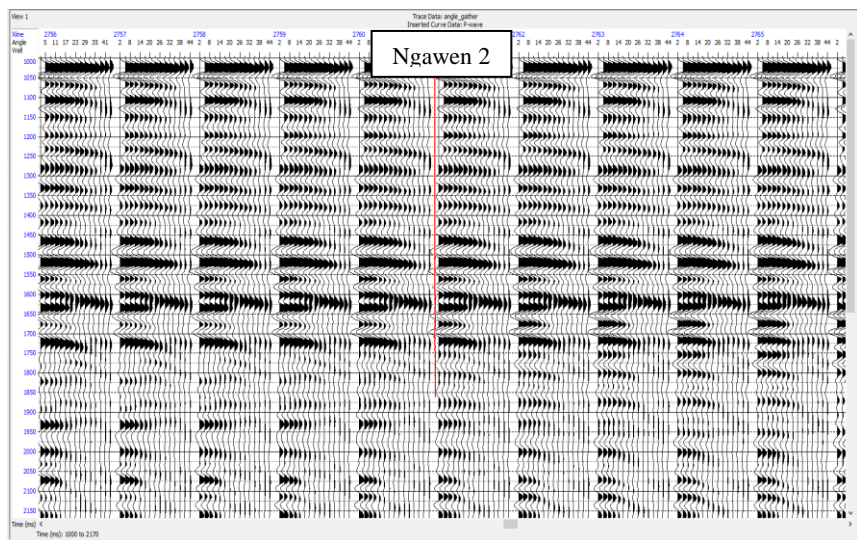


Gambar 3. 12 Wavelet yang digunakan dalam proses Well Tie Seismik.

Tujuan dilakukannya proses pengikatan data sumur (*Well Tie*) adalah untuk memposisikan data sumur dalam domain kedalaman, terhadap data seismik yang memiliki domain waktu. Data seismik yang akan dilakukan pengikatan dengan data sumur yaitu data Angle Gather, Seperti yang terlihat pada Gambar 3.13 dan 3.14.

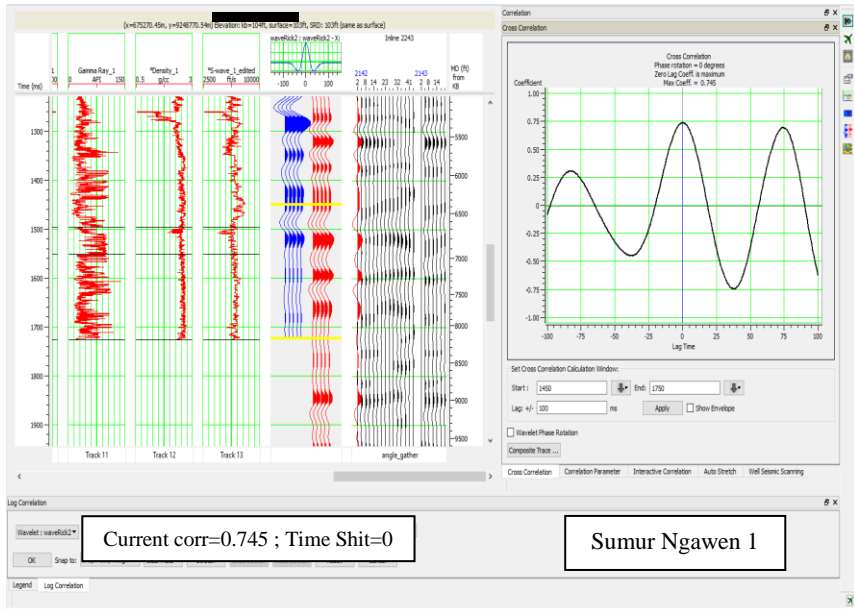


Gambar 3. 13 Angle Gather Sumur Ngawen 1.



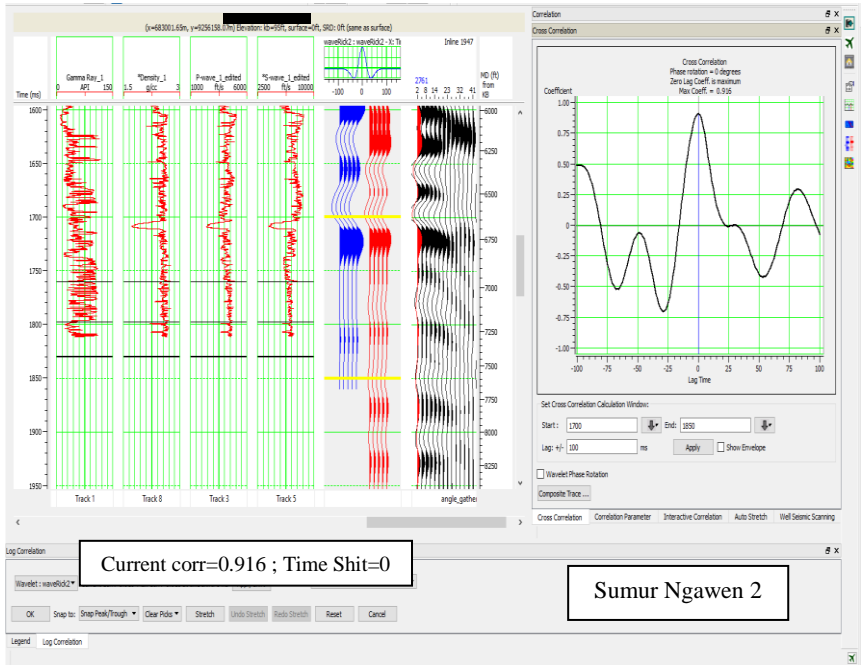
Gambar 3. 14 Angle Gather Sumur Ngawen 2.

Sehingga menghasilkan nilai korelasi yang bagus, seperti Gambar di bawah ini :



Gambar 3. 15 Proses Well Tie Pada Sumur Ngawen 1.

Gambar 3.15 merupakan proses well tie pada sumur ngawen 1. Didapatkan nilai korelasi sebesar 0.745 dengan time shift bernilai 0, nilai korelasi tersebut sudah cukup bagus.



Gambar 3. 16 Proses Well Tie Pada Sumur Ngawen 2.

Gambar 3.16 merupakan proses well tie pada sumur ngawen 2. Didapatkan nilai korelasi sebesar 0.916 dengan time shift bernilai 0, nilai tersebut sangat bagus. Sebab nilai korelasi yang semakin mendekati nilai 1 maka semakin bagus korelasi antara data sumur dengan data seismik.

3.10 AVO Analisis

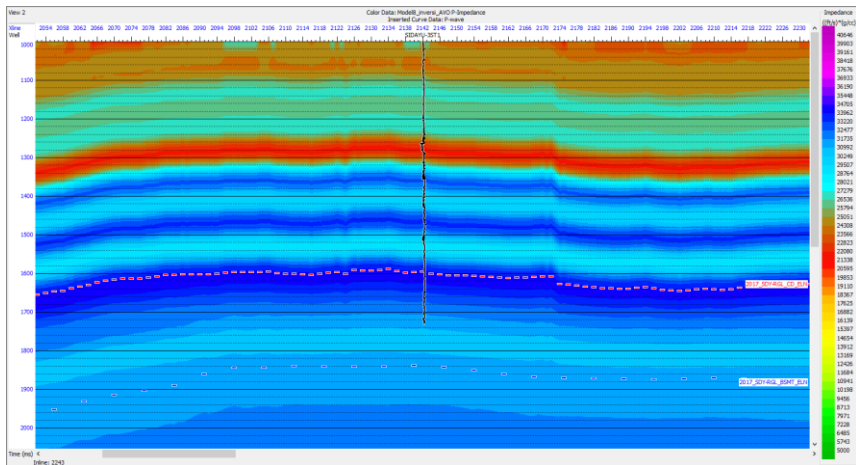
Dalam proses ini, akan dihasilkan nilai Gradien, nilai Intercept, dan penampang P*G (Intercept*Gradien). Tahap pertama dalam proses AVO Analisis yaitu dilakukan analisis AVO dari data sumur dengan membuat seismik sintetik dari data sumur dan dilakukan analisa AVO dari data angle gather, sehingga dihasilkan nilai intercept dan gradien yang kemudian bisa diketahui kelas AVO. Dalam pembuatan seismik sintetik, *wavelet* yang digunakan sama dengan *wavelet* yang digunakan saat proses *well tie seismic*. Setelah didapatkan nilai intercept dan gradien, dilakukan proses operasi Intercept*Gradien sehingga menghasilkan penampang P*G. Penampang P*G tersebut dianalisa untuk mengetahui persebaran fluida hidrokarbon. Pada penelitian ini, dilakukan analisa AVO pada top gas karbonat.

3.11 AVO Inversi

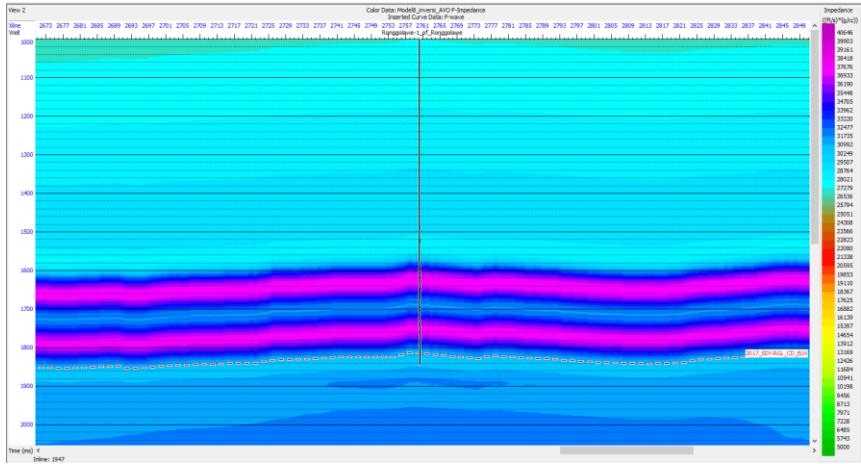
Dalam proses ini, akan didapatkan hasil inversi berupa penampang Z_p (P-Impedance), Z_s (S-Impedance), dan Z_d (densitas), serta penampang LMR(Lambda Mu-Rho). Sebelum dilakukan inversi AVO terlebih dahulu dibuat model inversi dan analisis inversi.

3.11.1 Model Inversi

Dari Gambar 3.17 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Z_p (P-Impedance) yang telah dibuat pada sumur Ngawen 1. Sedangkan pada Gambar 3.18 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Z_p (P-Impedance) pada sumur Ngawen 2.

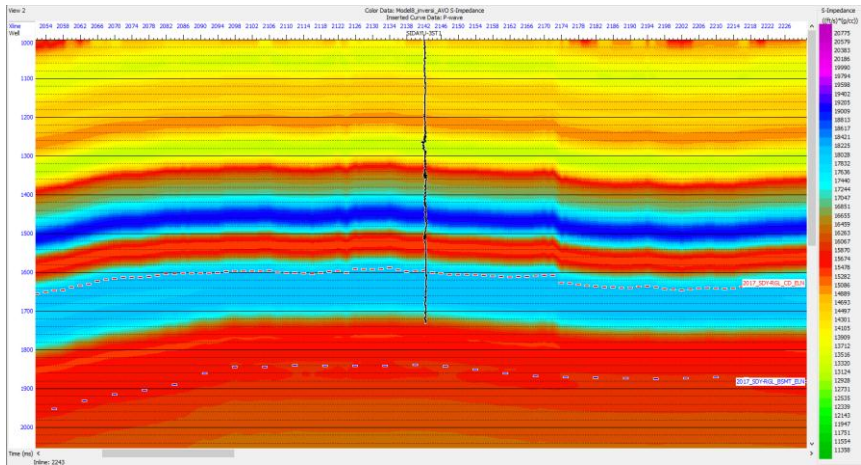


Gambar 3. 17 Model Inversi Penampang Z_p Sumur Ngawen 1.

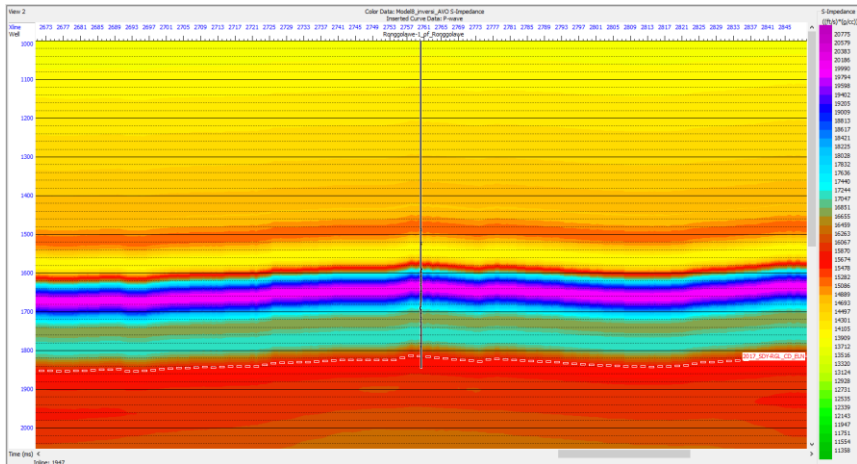


Gambar 3. 18 Model Inversi Penampang Zp Sumur Ngawen 2.

Pada Gambar 3.19 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Zs (*S-Impedance*) pada sumur Ngawen 1. Sedangkan dari Gambar 3.20 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Zs (*S-Impedance*) pada sumur Ngawen 2.

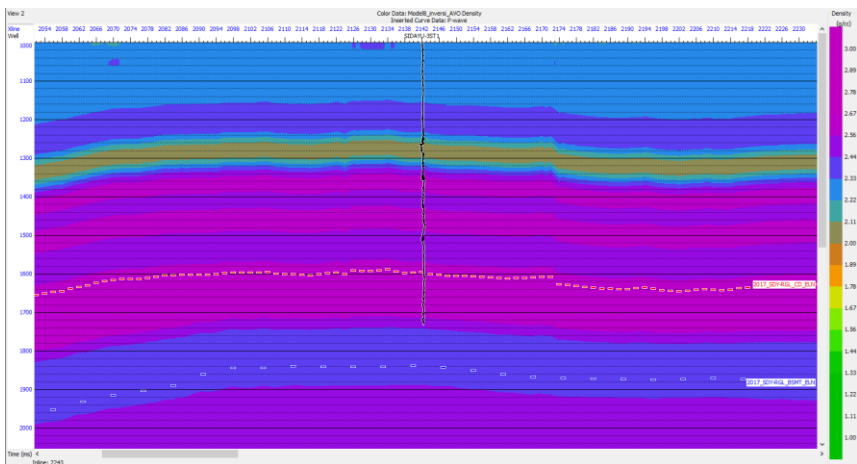


Gambar 3. 19 Model Inversi Penampang Zs Sumur Ngawen 1.

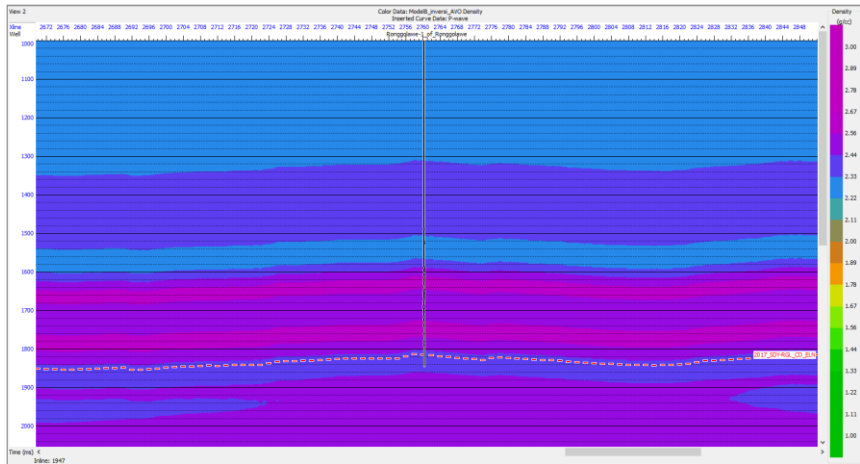


Gambar 3. 20 Model Inversi Penampang Zs Sumur Ngawen 2.

Pada Gambar 3.21 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Zd (*density*) pada sumur Ngawen 1. Sedangkan dari Gambar 3.22 dapat dilihat perlapisan batuan menurut model Zd (*density*) pada sumur Ngawen 2.



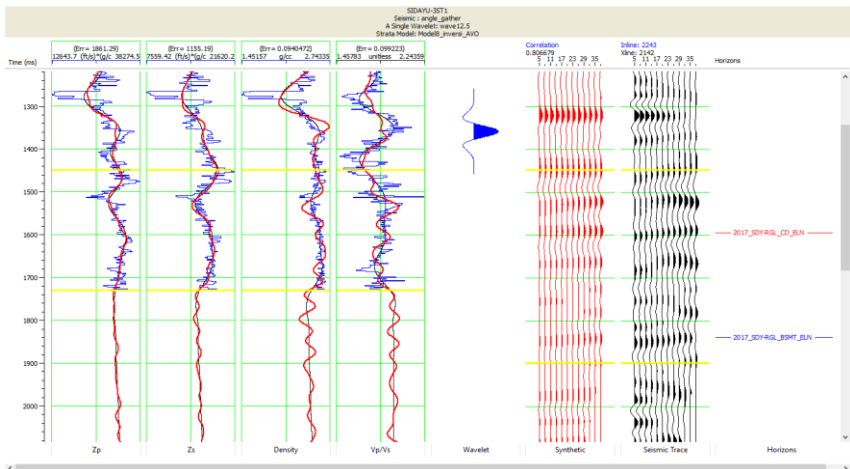
Gambar 3. 21 Model Inversi Penampang Zd Sumur Ngawen 1.



Gambar 3. 22 Model Inversi Penampang Zd Sumur Ngawen 2.

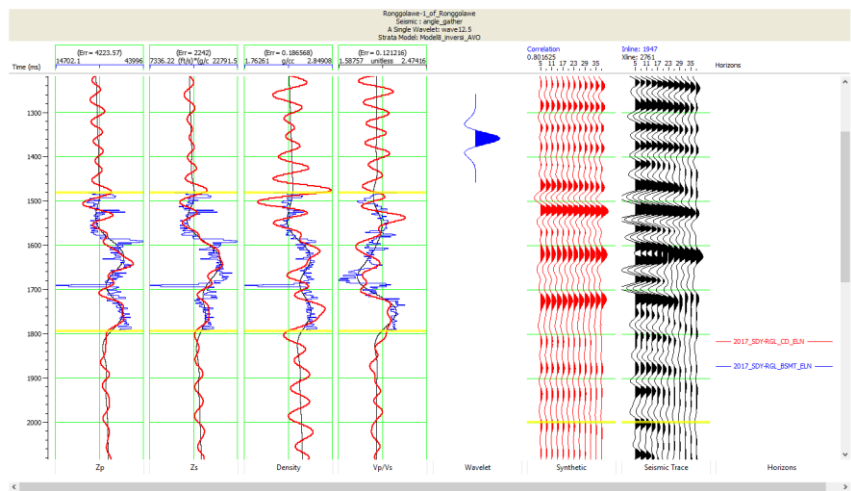
3.11.2 Analisis Inversi

Pada proses ini, dilakukan analisis inversi dengan model inversi yang telah dibuat. Analisis inversi dinyatakan bagus, jika nilai error yang kecil dan nilai korelasi yang bagus. Gambar 3.23 adalah gambar hasil analisis inversi pada sumur Ngawen 1, dengan nilai error log densitas sebesar 0.09 dan nilai korelasinya sebesar 0.8.



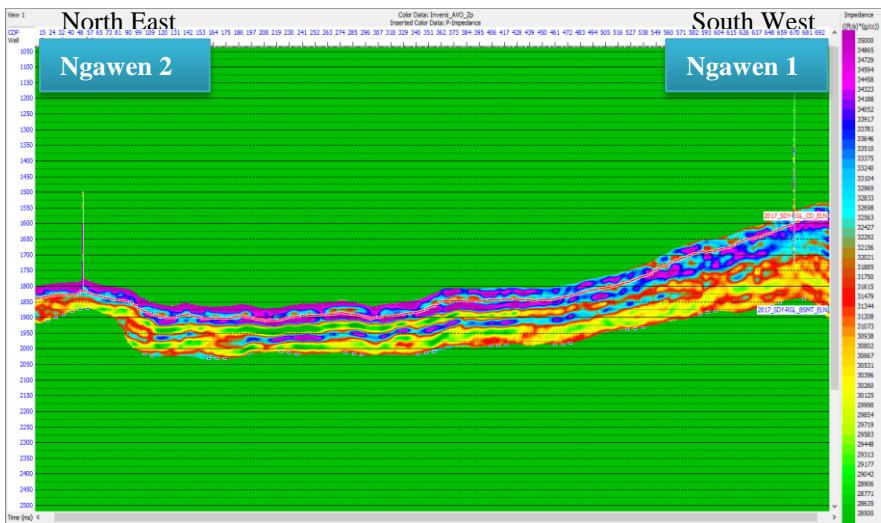
Gambar 3. 23 Analisis Inversi Sumur Ngawen 1.

Gambar 3.24 di bawah ini adalah gambar hasil analisis inversi pada sumur Ngawen 2, dengan nilai error log densitas sebesar 0.18 dan nilai korelasinya sebesar 0.8.



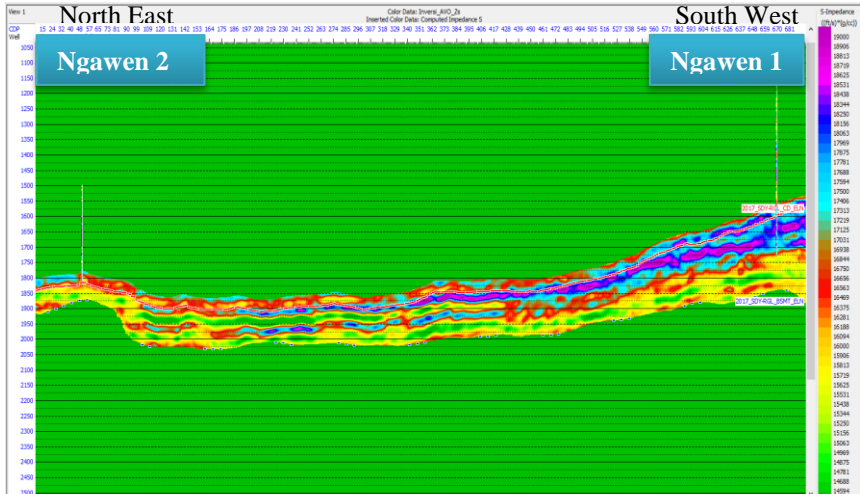
Gambar 3. 24 Analisis Inversi Sumur Ngawen 2.

3.11.3 Inversi

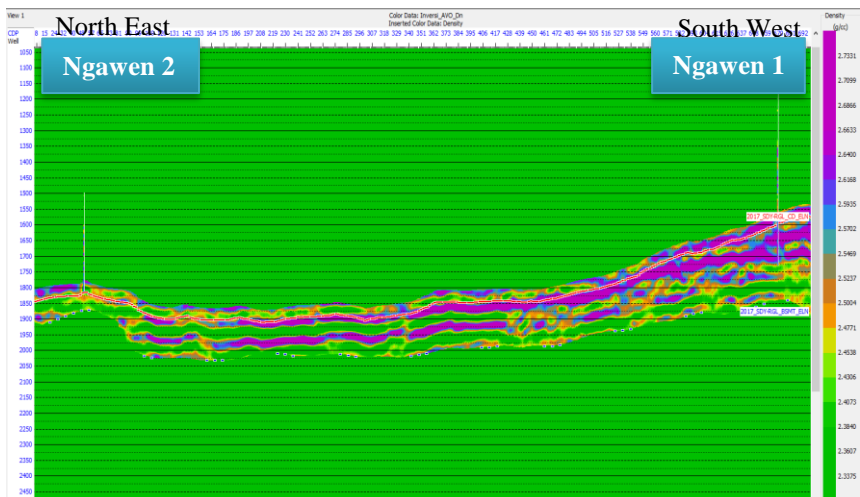


Gambar 3. 25 Hasil Inversi Penampang Zp.

Gambar 3.25 merupakan penampang Z_p (*P-Impedance*) hasil dari inversi pada formasi Ngimbang. Gambar 3.26 merupakan penampang Z_s (*S-Impedance*) hasil dari inversi pada formasi Ngimbang. Gambar 3.27 merupakan penampang Z_d (*density*) hasil dari inversi pada formasi Ngimbang. Penampang Z_p , Z_s , dan Z_d memiliki arah North East-South West.



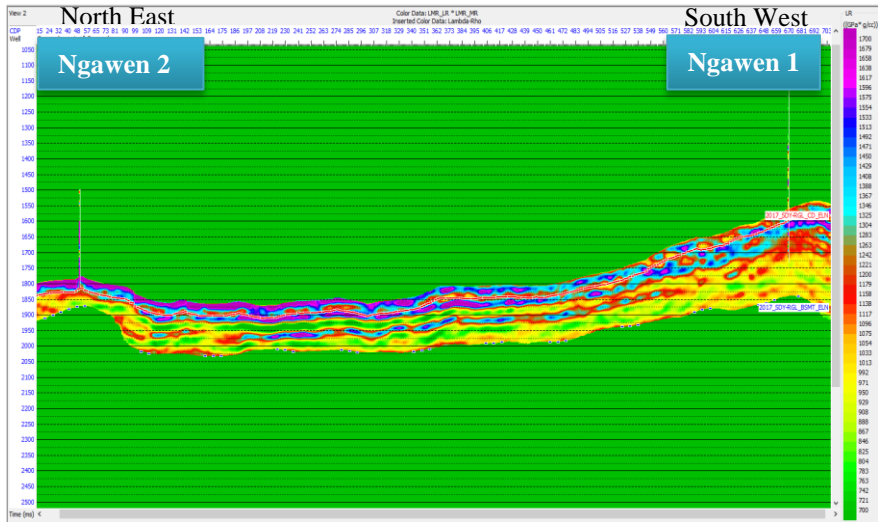
Gambar 3. 26 Hasil Inversi Penampang Z_s .



Gambar 3. 27 Hasil Inversi Penampang Z_d .

3.11.4 LMR

Setelah diperoleh penampang hasil inversi, maka penampang Zp dan penampang Zs hasil inversi selanjutnya akan ditransformasi menjadi penampang LMR (Lambda Mu-Rho). Penampang LMR memiliki arah North East-South West, seperti Gambar 3.28 di bawah ini :



Gambar 3. 28 Penampang LMR.

BAB 4

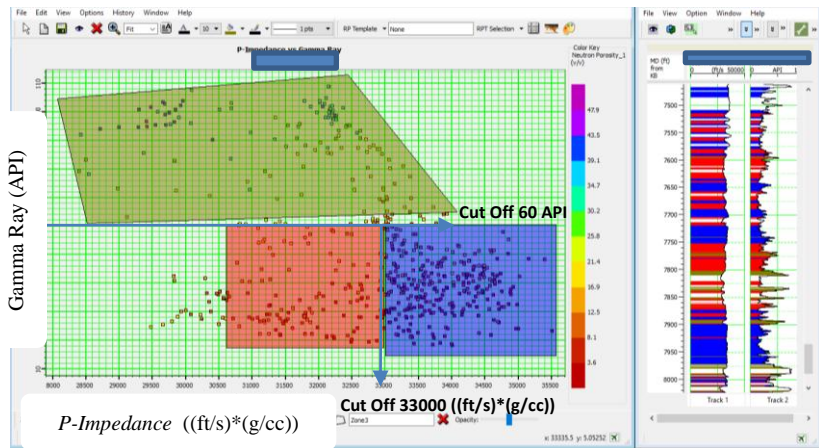
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Uji Sensitifitas/Crossplot

Analisis sensitifitas data sumur dilakukan dengan cara membuat crossplot antara dua buah parameter log dalam sistem kartesian sumbu x dan y, selanjutnya dilakukan zonasi terhadap data yang mempunyai kecenderungan tertentu. Uji sensitifitas ini penting dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang dapat dijadikan indikator litologi dan indikator fluida. Parameter yang digunakan dalam uji sensitifitas yaitu Gamma Ray, impedansi S, impedansi P, dan Lambda Mu-Rho.

4.1.1 Crossplot Gamma Ray dan Impedance

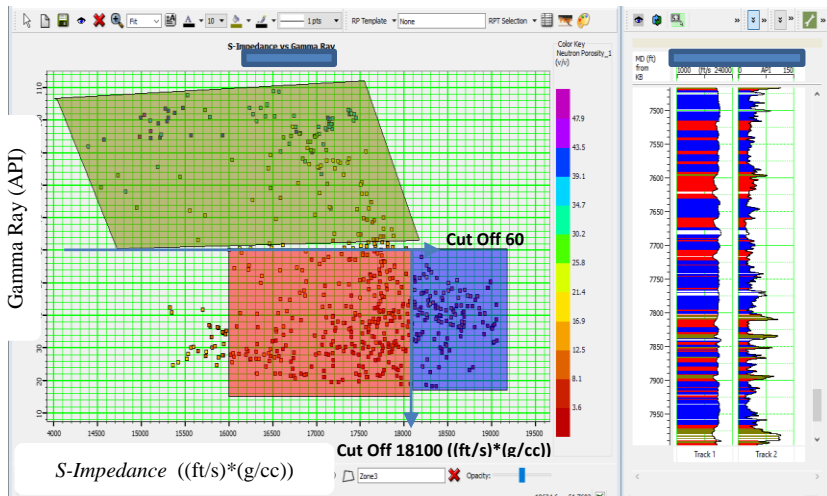
Dihasilkan crossplot antara log Gamma Ray dan *Impedance* yang bisa menggambarkan litologi dengan nilai *cut off* berbeda disetiap parameter, seperti pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.4. *Cut off* merupakan batas nilai yang dimiliki setiap parameter, untuk menggambarkan suatu obyek. Litologi yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu batuan *tight carbonate*, batuan *porous carbonate*, dan batuan *shale*.



Gambar 4. 1 Cross Plot Gamma Ray & *P-Impedance* Sumur Ngawen 1.

Pada Gambar 4.1 di atas merupakan hasil crossplot antara Gamma Ray dengan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 1. Pada Gambar 4.1 di atas, batuan *shale* disimbolkan dengan warna hijau, dengan nilai Gamma Ray tinggi (*cut off* >60API), karena zona tersebut memiliki nilai porositas yang sangat tinggi.

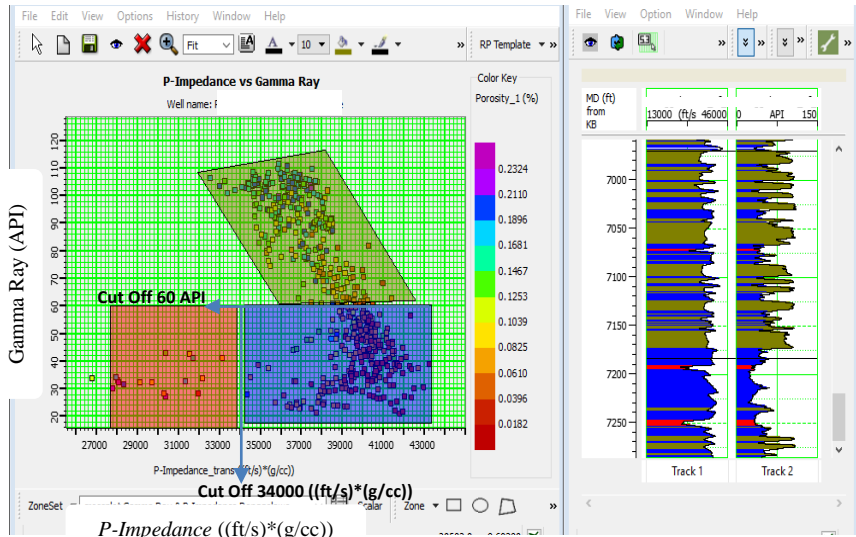
Sedangkan batuan karbonat memiliki nilai Gamma Ray yang rendah (*cut off* <60API). Batuan karbonat sendiri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu batuan *tight carbonate* dan batuan *porous carbonate*. Batuan *tight carbonate* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *P-Impedance* tinggi yaitu >33000 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang rendah. Sedangkan batuan *porous carbonate* disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *P-Impedance* yang relatif rendah yaitu antara 30600-33000 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang relatif tinggi dari pada batuan *tight carbonate*. Nilai *P-Impedance* 33000 ((ft/s)*(g/cc)) merupakan nilai *cut off* atau nilai pembatas yang bisa dijadikan pembeda untuk batuan *tight carbonate* dengan *porous carbonate*, karena pada nilai tersebut terlihat perbedaan nilai porositasnya.



Gambar 4. 2 Crossplot Gamma Ray & *S-Impedance* Sumur Ngawen 1.

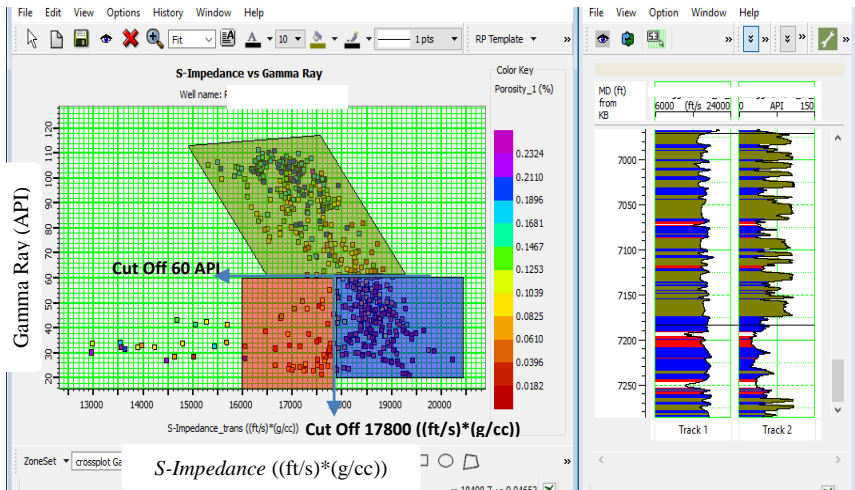
Gambar 4.2 merupakan hasil crossplot antara Gamma Ray dengan *S-Impedance* pada sumur Ngawen 1. Pada Gambar 4.2 di atas, batuan *shale* disimbolkan dengan warna hijau, dengan nilai Gamma Ray tinggi (*cut off* >60API), karena zona tersebut memiliki nilai porositas yang sangat tinggi. Sedangkan batuan karbonat memiliki nilai Gamma Ray yang rendah (*cut off* <60API). Batuan karbonat sendiri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu batuan *tight carbonate* dan batuan *porous carbonate*. Batuan *tight carbonate* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *S-Impedance* tinggi yaitu >18100 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang rendah. Dan batuan *porous carbonate* disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *S-Impedance* yang relatif rendah yaitu antara 1600-18100 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang relatif tinggi dari pada batuan *tight carbonate*. Nilai *S-Impedance* 18100

((ft/s)*(g/cc)) merupakan nilai *cut off* atau nilai pembatas yang bisa dijadikan pembeda untuk batuan *tight carbonate* dengan *porous carbonate*, karena pada nilai tersebut terlihat perbedaan nilai porositasnya.



Gambar 4. 3 Cross Plot Gamma Ray & *P-Impedance* Sumur Ngawen 2.

Gambar 4.3 merupakan hasil crossplot antara Gamma Ray dengan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 2. Pada Gambar 4.3 di atas, batuan *shale* disimbolkan dengan warna hijau, dengan nilai Gamma Ray tinggi (*cut off* >60API), karena zona tersebut memiliki nilai porositas yang sangat tinggi. Sedangkan batuan karbonat memiliki nilai Gamma Ray yang rendah (*cut off* <60API). Batuan karbonat sendiri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu batuan *tight carbonate* dan batuan *porous carbonate*. Batuan *tight carbonate* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *P-Impedance* tinggi yaitu >34000 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang rendah. Dan batuan *porous carbonate* disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *P-Impedance* yang relatif rendah yaitu antara 28000-34000 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang relatif tinggi dari pada batuan *tight carbonate*. Nilai *P-Impedance* 34000 ((ft/s)*(g/cc)) merupakan nilai *cut off* atau nilai pembatas yang bisa dijadikan pembeda untuk batuan *tight carbonate* dengan *porous carbonate*, karena pada nilai tersebut terlihat perbedaan nilai porositasnya.



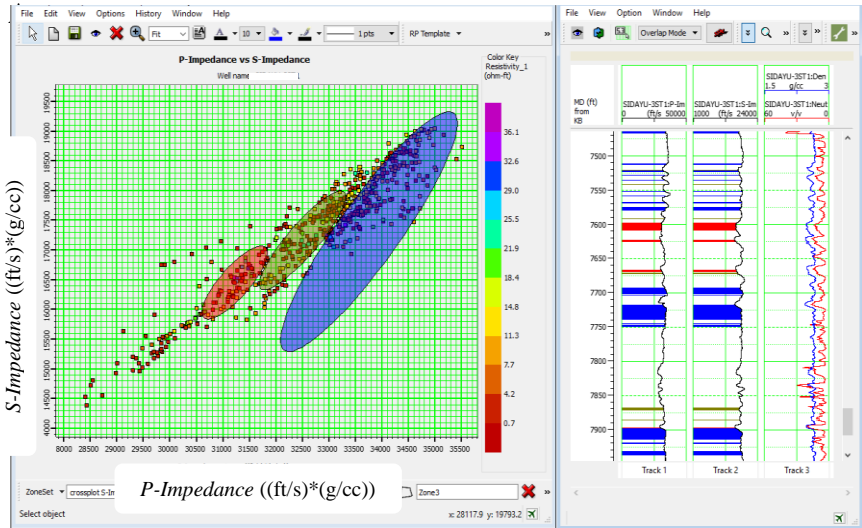
Gambar 4. 4 Crossplot Gamma Ray & *S-Impedance* Sumur Ngawen 2.

Gambar 4.4 merupakan hasil crossplot antara Gamma Ray dengan *S-Impedance* pada sumur Ngawen 2. Pada Gambar 4.4 di atas, batuan *shale* disimbolkan dengan warna hijau, dengan nilai Gamma Ray tinggi (*cut off* >60API), karena zona tersebut memiliki nilai porositas yang sangat tinggi. Sedangkan batuan karbonat memiliki nilai Gamma Ray yang rendah (*cut off* <60API). Batuan karbonat sendiri diklasifikasikan menjadi 2, yaitu batuan *tight carbonate* dan batuan *porous carbonate*. Batuan *tight carbonate* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *S-Impedance* tinggi yaitu >17800 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang rendah. Dan batuan *porous carbonate* disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *S-Impedance* yang relatif rendah yaitu antara 1600-17800 ((ft/s)*(g/cc)), serta nilai porositas yang relatif tinggi dari pada batuan *tight carbonate*. Nilai *S-Impedance* 17800 ((ft/s)*(g/cc)) merupakan nilai *cut off* atau nilai pembatas yang bisa dijadikan pembeda untuk batuan *tight carbonate* dengan *porous carbonate*, karena pada nilai tersebut terlihat perbedaan nilai porositasnya.

Penampang log berupa *cross section* dari hasil zonasi yang dilakukan pada *crossplot* di atas menunjukkan adanya pemisahan yang cukup baik antara zona *interest* yang diasumsikan berupa *porous carbonate* dengan daerah di sekitarnya yang merupakan *shale* dan *tight carbonate*. Dari hasil crossplot ini dapat disimpulkan bahwa parameter Gamma Ray dan *impedance* cukup baik dalam memisahkan daerah target.

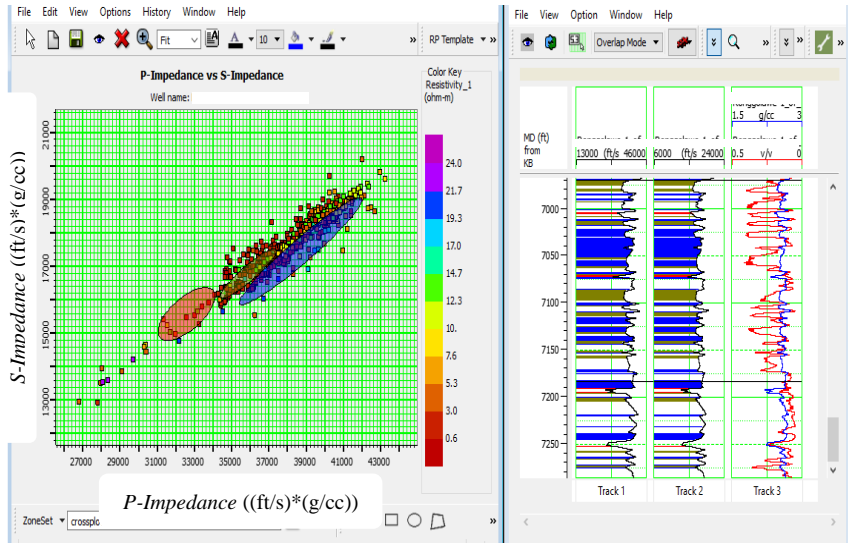
4.1.2 Crossplot S-Impedance dan P-Impedance

Selain itu dihasilkan juga crossplot antara *S-Impedance* dengan *P-Impedance*. Hasil dari crossplot tersebut bisa mengklasifikasi fluida yang terkandung di dalam reservoir.



Gambar 4. 5 Crossplot *S-Impedance* & *P-Impedance* Sumur Ngawen 1.

Gambar 4.5 merupakan hasil crossplot antara *S-Impedance* dan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 1. Dari Gambar 4.5 tersebut, fluida gas disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *impedance* relatif rendah dan nilai *resistivity* yang tinggi. Fluida *oil* disimbolkan dengan warna hijau, yang memiliki nilai *impedance* yang lebih tinggi dari pada gas dan nilai *resistivity* yang tinggi. Sedangkan fluida *water* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *impedance* yang sangat tinggi dan nilai *resistivity* yang sangat rendah. Fluida gas memiliki nilai *impedance* yang lebih rendah dari pada fluida *oil*, dan fluida *oil* memiliki nilai *impedance* lebih rendah dari pada fluida *water*. Hal tersebut terjadi karena fluida gas memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *oil*, dan *oil* memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *water*. Sebab *impedance* terbentuk dari hasil perkalian antara densitas dan *velocity*.

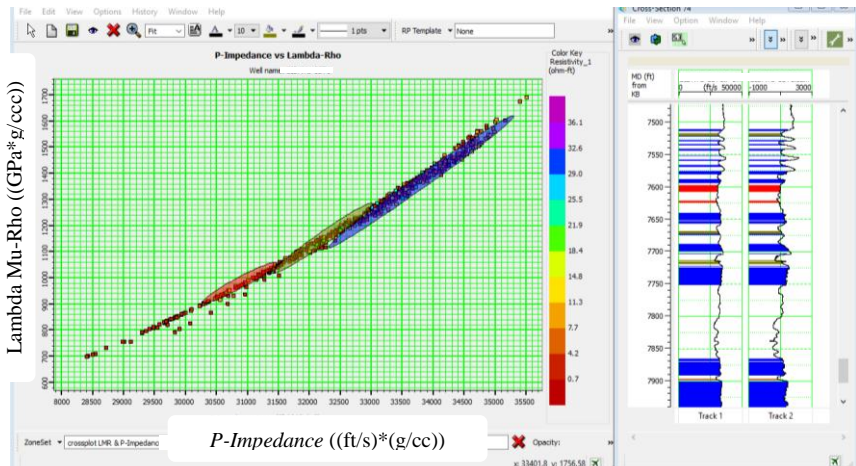


Gambar 4. 6 Crossplot *S-Impedance* & *P-Impedance* Sumur Ngawen 2.

Gambar 4.6 menunjukkan hasil crossplot antara *S-Impedance* dan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 2. Dari Gambar 4.6 tersebut, fluida gas disimbolkan dengan warna merah, yang memiliki nilai *impedance* relatif rendah dan nilai *resistivity* yang tinggi. Fluida *oil* disimbolkan dengan warna hijau, yang memiliki nilai *impedance* yang lebih tinggi dari pada gas dan nilai *resistivity* yang tinggi. Sedangkan fluida *water* disimbolkan dengan warna biru, yang memiliki nilai *impedance* yang sangat tinggi dan nilai *resistivity* yang sangat rendah. Fluida gas memiliki nilai *impedance* yang lebih rendah dari pada fluida *oil*, dan fluida *oil* memiliki nilai *impedance* lebih rendah dari pada fluida *water*. Hal tersebut terjadi karena fluida gas memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *oil*, dan *oil* memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *water*. Sebab *impedance* terbentuk dari hasil perkalian antara densitas dan *velocity*. Dari hasil crossplot ini dapat disimpulkan bahwa parameter *S-Impedance* dan *P-Impedance* cukup baik dalam memisahkan daerah target (*gas*, *oil*, dan *water*).

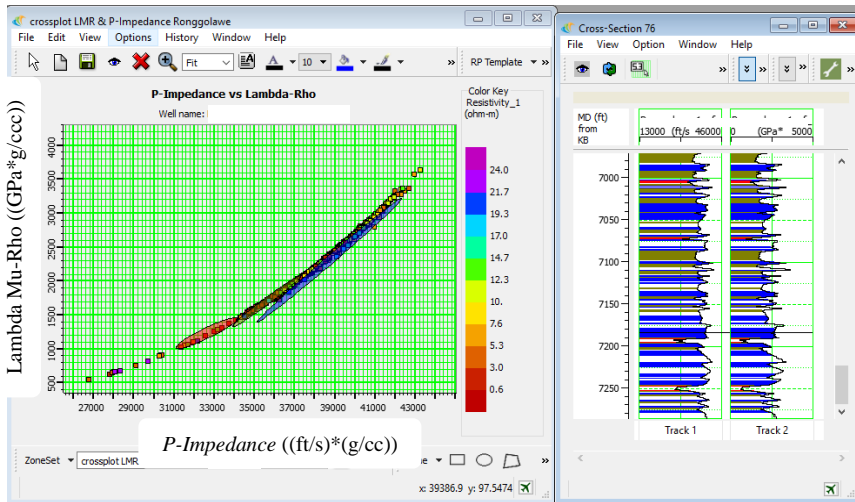
4.1.3 Crossplot Lambda Mu-Rho dan P-Impedance

Dihasilkan crossplot antara Lambda Mu-Rho(LMR) dan *P-Impedance*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8. Hasil crossplot tersebut bisa mengklasifikasi fluida yang terkandung di dalam reservoir. Dari Gambar tersebut, fluida gas disimbolkan dengan warna merah, fluida *oil* disimbolkan dengan dengan warna hijau, fluida *water* disimbolkan dengan warna biru. Fluida hidrokarbon memiliki nilai LMR yang rendah dan nilai resistifitas yang tinggi.



Gambar 4. 7 Crossplot Lambda Mu-Rho & *P-Impedance* Sumur Ngawen 1.

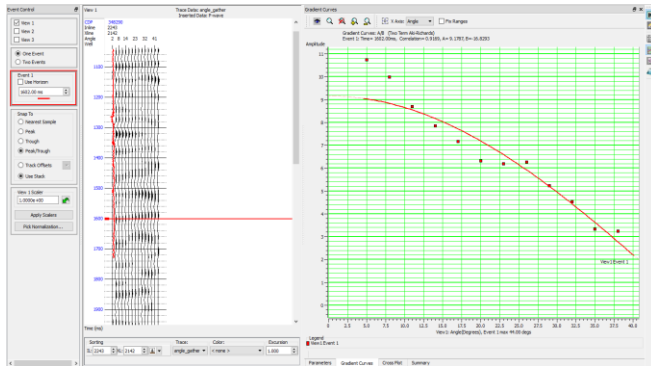
Gambar 4.7 merupakan crossplot antara Lambda Mu-Rho (LMR) dan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 1. Dari Gambar 4.7 tersebut, fluida gas (zona warna merah) memiliki nilai *P-Impedance* dan LMR yang lebih rendah dari pada fluida *oil* (zona warna hijau). Fluida *oil* memiliki nilai LMR dan *P-Impedance* yang lebih rendah dari pada fluida *water*. Hal tersebut terjadi karena fluida gas memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *oil*, dan *oil* memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *water*. Sebab *impedance* terbentuk dari hasil perkalian antara densitas dan *velocity*.



Gambar 4. 8 Crossplot Lambda Mu-Rho & *P-Impedance* Sumur Ngawen 2.

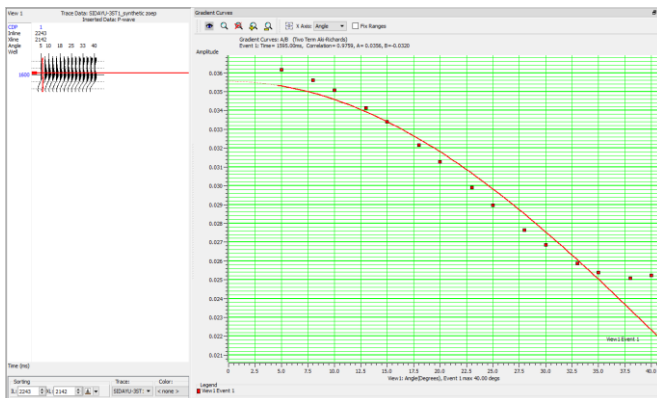
Gambar 4.8 merupakan crossplot antara Lambda Mu-Rho (LMR) dan *P-Impedance* pada sumur Ngawen 2. Dari Gambar 4.8 tersebut, fluida gas (zona warna merah) memiliki nilai *P-Impedance* dan LMR yang lebih rendah dari pada fluida *oil* (zona warna hijau). Fluida *oil* memiliki nilai LMR dan *P-Impedance* yang lebih rendah dari pada fluida *water*. Hal tersebut terjadi karena fluida gas memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *oil*, dan *oil* memiliki densitas yang lebih rendah dari pada densitas *water*. Sebab *impedance* terbentuk dari hasil perkalian antara densitas dan *velocity*. Dari hasil crossplot ini dapat disimpulkan bahwa parameter Lambda Mu-Rho (LMR) dan *P-Impedance* cukup baik dalam memisahkan daerah target (*gas*, *oil*, dan *water*).

4.2 AVO Analysis

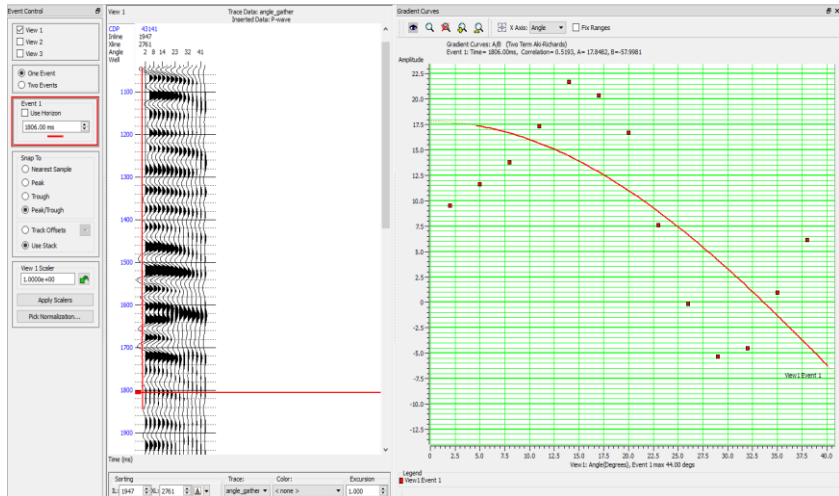


Gambar 4. 9 AVO Analisis dari Data Seismik Angle Gather Sumur Ngawen 1.

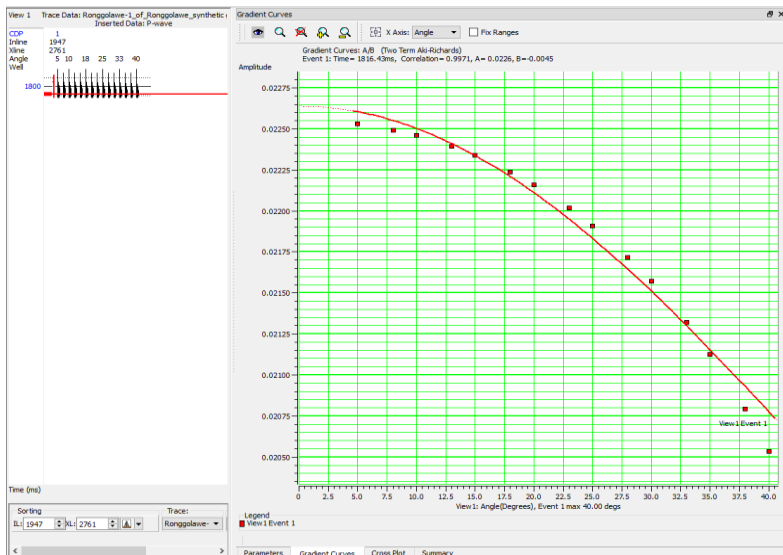
Gambar 4.9 menunjukkan nilai intercept dan gradien dari data seismik Angle Gather pada sumur Ngawen 1. Saat proses AVO Analisis diambil sample pada penampang seismik yang sekiranya mengandung gas karbonat pada sumur Ngawen 1 di top formasi Ngimbang Karbonat, sehingga memiliki nilai intercept positif (+) dan gradien negatif (-) yang masuk kedalam kelas 1 AVO, seperti pada Gambar 4.9. Nilai intercept menunjukkan nilai amplitudo dan nilai gradien menunjukkan perubahan amplitudo seiring dengan bertambahnya offset. Pada hasil AVO Analisis ini, nilai gradiennya negatif (-), hal tersebut menunjukkan bahwa nilai amplitudo akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya offset (jarak antara source dan receiver). Hal tersebut selaras dengan hasil AVO Analisis dari data sumur Ngawen 1 (Gambar 4.10).



Gambar 4. 10 AVO Analisis dari Data Sumur Ngawen 1.



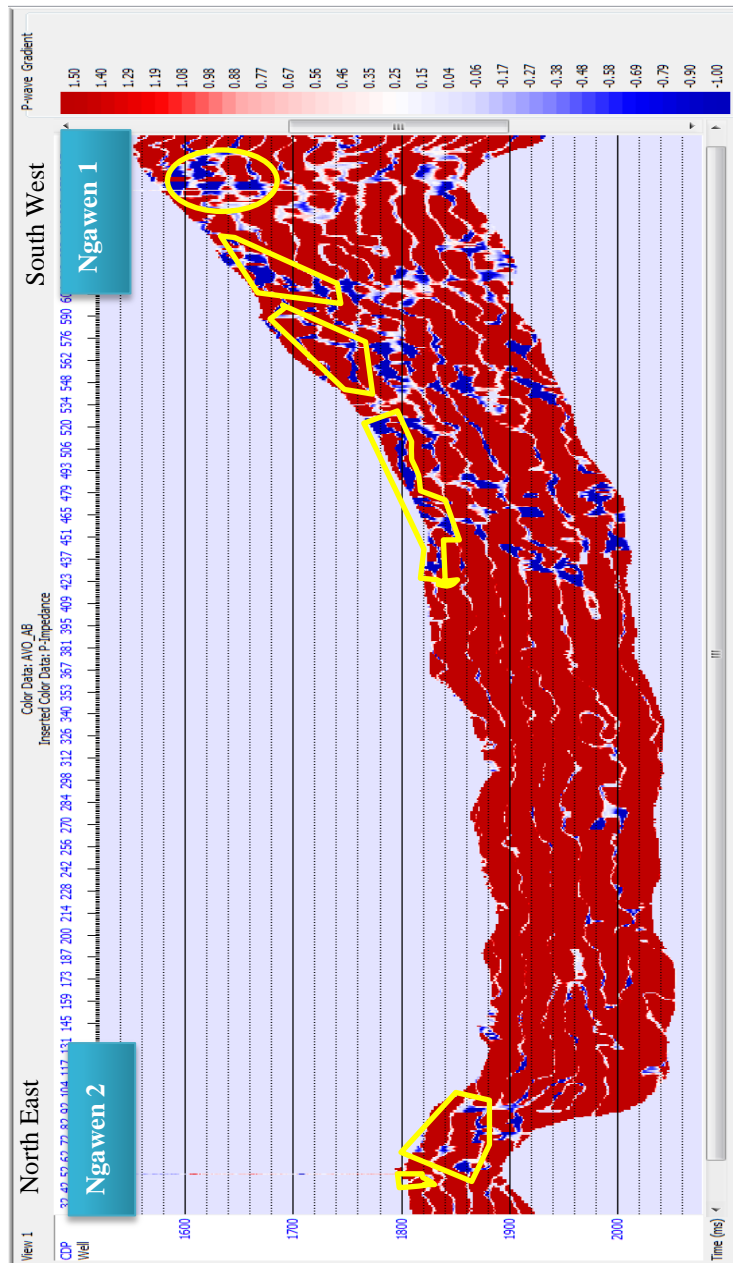
Gambar 4. 11 AVO Analisis dari Data Seismik Angle Gather Sumur Ngawen 2



Gambar 4. 12 AVO Analisis dari Data Sumur Ngawen 2.

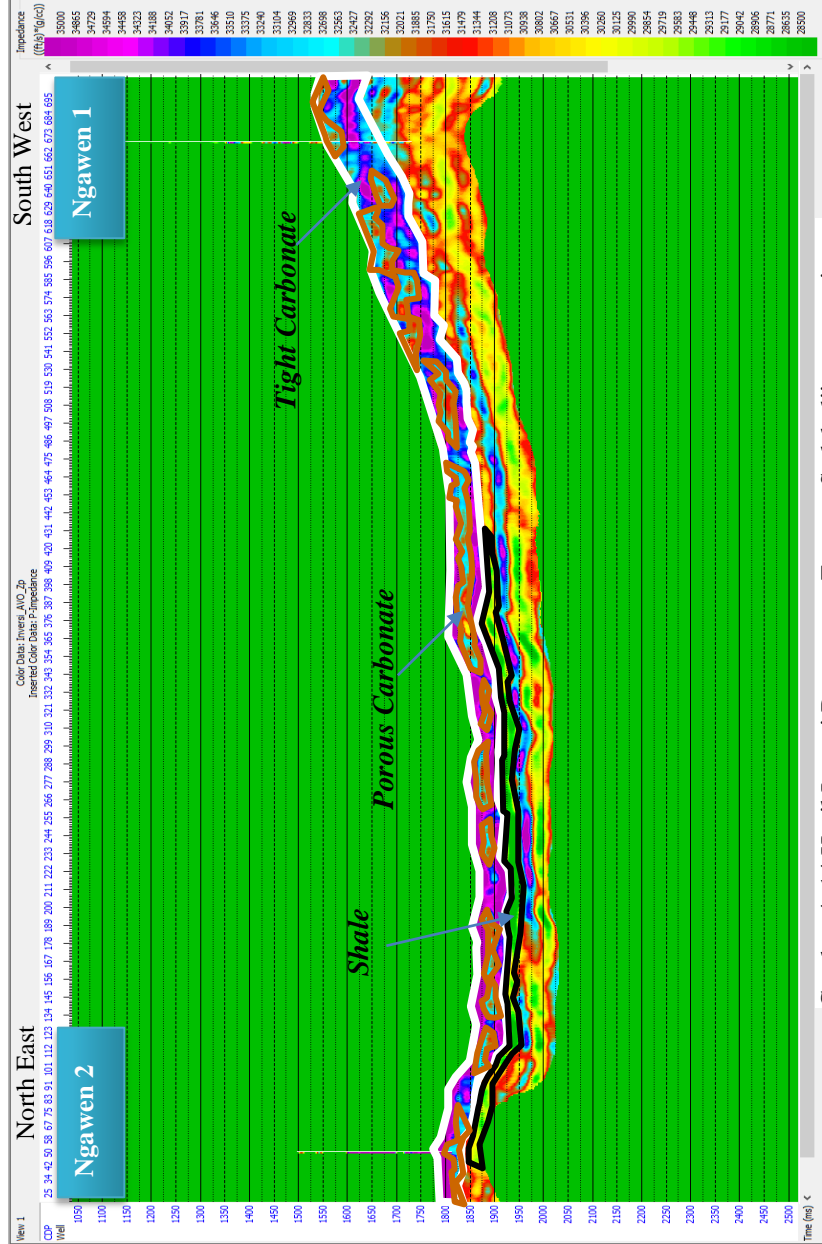
Gambar 4.11 menunjukkan nilai intercept dan gradien dari data seismik Angle Gather pada sumur Ngawen 2. Saat proses AVO Analisis diambil sample pada penampang seismik yang sekiranya mengandung gas karbonat pada sumur Ngawen 2 di top formasi Ngimbang Karbonat, sehingga memiliki nilai intercept positif (+) dan gradien negatif (-) yang masuk kedalam kelas 1 AVO, seperti pada Gambar 4.11. Nilai intercept menunjukkan nilai amplitudo dan nilai gradien menunjukkan perubahan amplitudo seiring dengan bertambahnya offset. Pada hasil AVO Analisis ini, nilai gradiennya negatif (-), hal tersebut menunjukkan bahwa nilai amplitudo akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya offset (jarak antara source dan receiver). Hal tersebut selaras dengan hasil AVO Analisis dari data sumur Ngawen 1 (Gambar 4.12).

Setelah didapatkan nilai intercept dan gradien kemudian dibuat penampang P*G yang memiliki arah North East-South West, seperti Gambar 4.13 . Penampang P*G diperoleh dari hasil kali antara Intercept dan Gradien. Pada Gambar 4.13 tersebut, bisa diketahui sebaran gas karbonat pada formasi Ngimbang. Dari Nilai P*G gas karbonat bernilai negatif (-), karena dari hasil AVO analisis dihasilkan nilai intercept positif (+) dan nilai gradien negatif (-). Dari Gambar 4.13 di atas, nilai P*G yang bernilai negatif (-) ditunjukkan dengan warna putih kebiruan hingga biru tua. Pada formasi Ngimbang Karbonat, persebaran gas karbonat berada di dalam zona kuning. Penampang P*G hanya bisa diketahui persebaran gas karbonat dan tidak bisa diketahui persebaran litologi, maka perlu dilakukan proses AVO Inversi. Sehingga diperoleh persebaran litologi dan fluida hidrokarbon pada formasi Ngimbang karbonat di lapangan Ngawen.

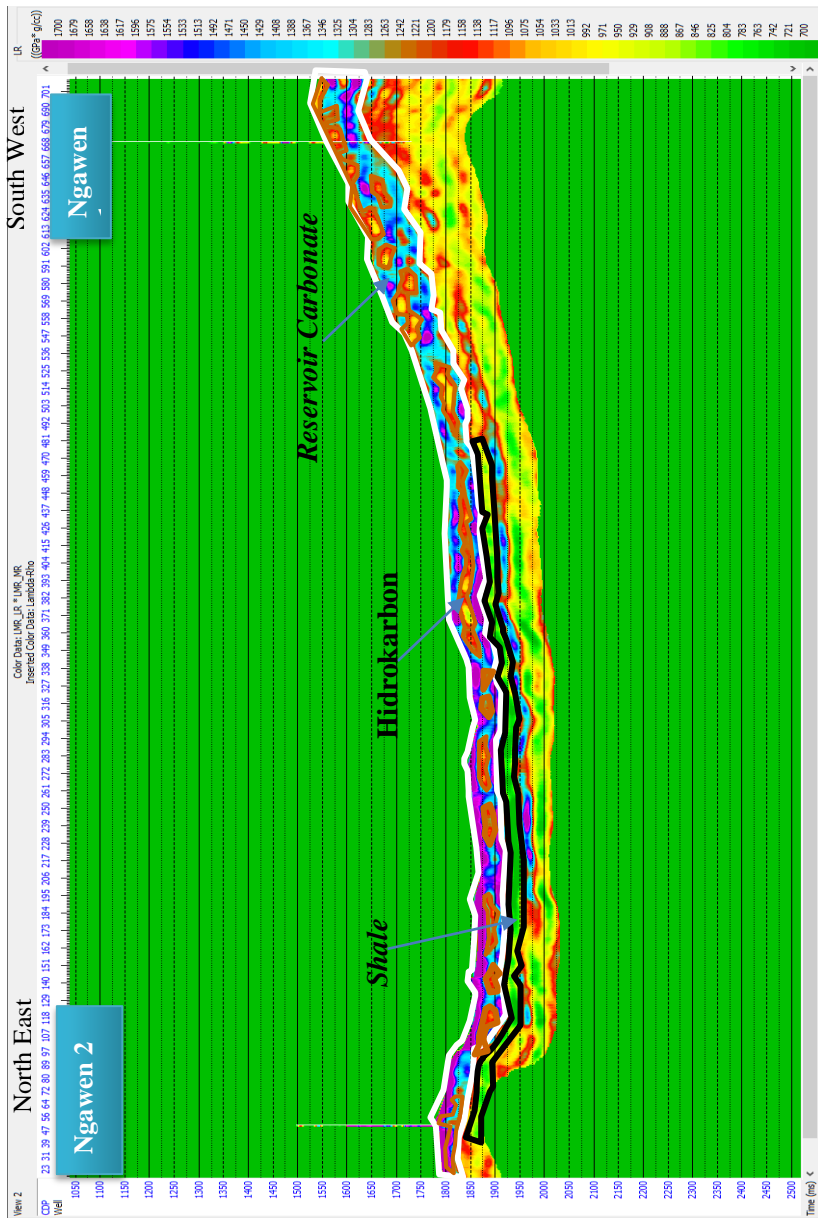


Gambar 4. 13 Penampang P*G.

4.3 AVO Inversi



Gambar 4. 14 Hasil Inversi Penampang Zp yang Sudah diinterpretasi.



Gambar 4. 15 Penampang Lambda Mu-Rho (LMR).

Gambar 4.14 merupakan penampang hasil inversi Z_p yang sudah diinterpretasi, yang memiliki arah penampang North East-South West. Penampang Z_p (P -Impedance) hasil dari inversi tersebut bisa diketahui persebaran litologi pada formasi Ngimbang Karbonat. Litologi yang dimaksud yaitu batuan *Shale*, *Tight Carbonate*, dan *Porous Carbonate*. Pada Gambar 4.14 persebaran batuan *Shale* berada di dalam zona warna hitam, yang memiliki nilai P -Impedance sangat rendah yaitu kurang dari 29448 ((ft/s)*(g/cc)). Persebaran batuan *Tight Carbonate* berada di dalam zona warna putih, yang memiliki nilai P -Impedance sangat tinggi yaitu lebih dari 32700 ((ft/s)*(g/cc)). Persebaran batuan *Porous Carbonate* berada di dalam zona warna coklat, yang memiliki nilai P -Impedance lebih rendah dari pada nilai P -Impedance batuan *Tight carbonate*, yaitu antara 30200 sampai 32700 ((ft/s)*(g/cc)). Hasil inversi Z_p yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 selaras dengan hasil crossplot antara log Gamma Ray dan P -Impedance.

AVO inversi juga menghasilkan penampang LMR (Lambda Mu-Rho), Gambar 4.15, yang memiliki arah penampang North East-South West. Lambda-Rho sendiri merupakan hasil perkalian antara λ dengan ρ atau dikenal dengan Lambda-Rho ($\lambda\rho$), yang dapat mengindikasikan keberadaan fluida. Inkompresibilitas (λ) merupakan tingkat ketahanan suatu batuan terhadap gaya tekan yang mengenainya. Semakin mudah dikompresi maka semakin kecil nilai inkompresibilitas begitu pula sebaliknya. Perubahan ini lebih disebabkan oleh adanya perubahan pori. Batuan yang berisi gas akan memiliki nilai Lambda-Rho yang kecil. Sedangkan Mu-Rho merupakan hasil perkalian antara μ dengan ρ atau dikenal dengan Mu-Rho. Rigiditas (μ) atau modulus geser didefinisikan sebagai resistensi batuan terhadap sebuah *strain* yang mengakibatkan perubahan bentuk tanpa merubah volume total dari batuan tersebut. Rigiditas sensitif terhadap matriks batuan. Semakin rapat matriks batuan, maka batuan tersebut dikatakan memiliki rigiditas yang tinggi.

Hasil penampang LMR (Gambar 4.15) tersebut bisa diketahui persebaran litologi (*Shale* dan *Reservoir carbonate*) dan fluida hidrokarbon yang terkandung dalam reservoir karbonat pada formasi Ngimbang di lapangan Ngawen. Pada Gambar 4.15 persebaran batuan *shale* berada di dalam zona warna hitam, yang memiliki nilai LMR kurang dari 825(Gpa*g/cc). Persebaran *reservoir carbonate* berada di dalam zona warna putih, yang memiliki nilai LMR lebih dari 1325(Gpa*g/cc). Persebaran hidrokarbon berada di dalam zona warna coklat, yang memiliki nilai LMR 908 sampai 1242(Gpa*g/cc). Hasil tersebut selaras dengan hasil crossplot antara LMR dan P -Impedance fluida hidrokarbon memiliki nilai LMR yang rendah, karena memiliki nilai inkompresibilitas yang kecil (mudah dikenai gaya tekan) sehingga nilai Lambda-Rho ($\lambda\rho$) yang kecil pula. Dan memiliki nilai rigiditas yang tinggi (nilai $\mu\rho$ tinggi), karena pada penelitian ini reservoirnya berupa batuan karbonat. Sehingga nilai LMR nya relatif kecil. Sedangkan batuan reservoir

karbonat memiliki nilai LMR yang tinggi, karena batuan karbonat memiliki nilai inkompresibilitas dan nilai rigiditas yang tinggi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakterisasi reservoir karbonat pada lapangan Ngawen memiliki nilai *P-Impedance* dan nilai LMR yang relatif tinggi. Sedangkan reservoir karbonat yang mengandung hidrokarbon memiliki karakteristik yaitu nilai *P-Impedance* dan nilai LMR yang lebih rendah.
2. Persebaran reservoir karbonat di lapangan Ngawen dapat dilihat dari nilai LMR yaitu lebih dari 1325 (Gpa*g/cc).
3. Persebaran hidrokarbon pada reservoir karbonat di lapangan Ngawen dapat dilihat dari nilai LMR yaitu antara 908 sampai 1242 (Gpa*g/cc). Dan gas karbonat pada lapangan Ngawen masuk ke kelas 1 AVO.

5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian dan melihat hasil yang didapat, maka beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

1. Diperlukan data sumur yang lebih banyak dan tersebar agar dapat memberikan informasi kemenerusan litologi dan karakterisasi reservoir secara lateral dengan lebih baik.
2. Perlu dilakukan studi atribut seismik lainnya untuk menganalisis potensi hidrokarbon dengan lebih baik.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR PUSTAKA

- Casstagna, J., & Swan, H. (1997). *Principles of AVO Crossplotting*. The Leading Edge.
- Diky Setiawan, Marianto, F., Wikanswasti, D., & Wardhana, A. (2015). Tuban Sandstone. *Indonesian Petroleum Association*. Jakarta.
- Frank, C., Chiburis, E., & McHugo, S. (1993). *Hydrocarbon Detection with AVO, Oilfield Review*.
- Gray, D., & Andersen, A. (2001). The Application of AVO and Inversion to the Estimation of Rock Properties. *CSEG Recorder*.
- Hampson, D., & Russel, B. (2008). *AVO Workshop Part 1*. Course Notes, CGG Veritas.
- Ostrader, W. (1984). Plane wave reflection coefficients for gas sands at nonnormal angles of incidence. *Geophysisc*, 1637-1648.
- Pringgoprawiro, H. (1983). *Stratigrafi cekungan Jawa Timur Utara dan. Paleogeografinya: sebuah pendekatan baru*. Bandung: ITB.
- Rutherford, S., & Williams, R. (1989). Amplitude-versus-offset variations in gas sands. *Geophysics*, 680-688.
- Setyana, A. H. (2005). Oligo-Miocene Carbonates of Java, Indonesia: Tectonic-Volcanic Setting and Petroleum Implications. *Indonesian Petroleum Association* (hal. 031). IPA05.
- Soedjoprajitno, S., & Djuhaeni. (2006). *Unit Genesa Pasir Ngrayong di Desa*.
- Sukmono, S. (1999). *Diktat Kuliah Interpretasi Data Seismik*. Bandung: ITB.
- Yilmaz, O. (2001). Seismic Data Analysis. *Processing, Interpretation and Inversion*.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BIODATA PENULIS



Lahir di kota Gresik pada tanggal 25 April 1995, dengan nama Putri Rida Lestari. Pendidikan formal penulis dimulai di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Sidayu, kemudian dilanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDN Raci Tengah pada tahun 2001, pada tahun 2007 penulis menempuh jenjang sekolah menengah pertamanya di SMP Negeri 1 Sidayu, selanjutnya pada tahun 2010 melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Sidayu, dan pada tahun 2013 resmi menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).

Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS banyak pengalaman yang telah penulis dapatkan, baik softskill maupun hardskill. Aktif dalam bidang organisasi di ITS maupun non ITS merupakan wadah bagi penulis untuk melatih softskill. Tahun periode 2014 - 2015 penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS, sebagai sekretaris departemen Kesejahteraan Mahasiswa. Pada tahun periode 2014 – 2015 pula, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) sebagai staff Divisi Kewirausahaan. Selain aktif dalam organisasi, penulis juga aktif dalam kepanitiaan, salah satunya pernah menjadi panitia acara PETROLIDA 2015 yang diselenggarakan di ITS. Tidak hanya aktif dalam bidang organisasi dan kepanitiaan, pada tahun 2016 penulis pernah membuat karya tulis ilmiah yang berjudul “ANALISA PERSEBARAN AIR LINDI DAN KARAKTERISASI BAWAH PERMUKAAN AREA ALIH FUNGSI LAHAN TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SUKOLILO-SURABAYA SEBAGAI PERTIMBANGAN PEMBANGUNAN”, karya tulis ilmiah tersebut telah diterbitkan oleh KPM UNJ pada bulan April 2017 dalam jurnal RISENOLOGI.

Pengalaman lain yang penulis dapatkan selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS yaitu pernah melakukan Kerja Praktik (KP) di Pgn. Saka Indonesia Pangkah Ltd., pada bulan Agustus 2016 dengan judul KP “ANALISA AVO MODELING PADA BATUAN KARBONAT DENGAN DATA SEISMIK SINTETIK”.